

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.  
TESALIA – ALFÉREZ Y SUS MÓDULOS DE CONEXIÓN ASOCIADOS, OBRAS QUE  
HACEN PARTE DE LA CONVOCATORIA UPME 05 DE 2009**

**TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
3.2 MEDIO ABIÓTICO	1
3.2.1 Geología	1
3.2.1.1 Área de influencia Indirecta	1
3.2.1.2 Área de influencia Directa	74
3.2.2 Amenazas naturales en el área de influencia del Proyecto (AII y AID)	135
3.2.2.1 Metodología	136
3.2.2.2 Amenaza sísmica	139
3.2.2.3 Amenaza por licuación	152
3.2.2.4 Amenaza por avenidas torrenciales	161
3.2.2.5 Amenaza por inundaciones	180
3.2.2.6 Amenaza geotécnica	188
3.2.2.7 Amenaza volcánica	190
3.2.2.8 Amenaza por factores meteorológicos	195
3.2.2.9 Mapa de amenazas naturales en el área de influencia del Proyecto	198
3.2.1 Geomorfología	210
3.2.1.1 Morfogénesis y morfografía	210
3.2.1.2 Morfodinámica	230
3.2.1.3 Morfoestructuras	233
3.2.1.4 Área de influencia Directa	233
3.2.2 Suelos	281
3.2.2.1 Caracterización de los suelos	282
3.2.2.2 Capacidad de uso de las tierras – Uso potencial	314
3.2.2.3 Uso actual del suelo	328
3.2.2.4 Conflicto de uso del suelo	339
3.2.3 Hidrología	347
3.2.3.1 Fuentes de información	347
3.2.3.2 Caracterización hidrológica del área de influencia indirecta	351
3.2.3.3 Área de influencia directa	429
3.2.4 Calidad del Agua	441
3.2.4.1 Fuentes contaminantes	441
3.2.4.2 Caracterización fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica	444
3.2.4.3 Conclusiones	585
3.2.5 Usos del agua	663
3.2.5.1 Usos de Agua Superficial	664
3.2.5.2 Inventario general de los usos del agua	685
3.2.5.3 Usos de Agua Subsuperficial	703
3.2.5.4 Conflicto de Usos del agua	709
3.2.5.5 Fuentes de abastecimiento de agua para el proyecto	711
3.2.6 Hidrogeología	727
3.2.6.1 Unidades hidrogeológicas	729
3.2.6.2 Inventario de puntos de agua subterránea	742

---

3.2.6.3 Zonas de recarga de los acuíferos y descarga y dirección de flujo del agua subterránea	751
3.2.6.4 Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación	756
3.2.7 Atmósfera	772
3.2.7.1 Clima	772
3.2.7.2 Calidad del aire	819
3.2.7.3 Ruido	872
3.2.8 Zonificación Geotécnica	925
3.2.8.1 Metodología	925
3.2.8.2 Modelación De Variables	930
3.2.8.3 Zonificación de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa	962
3.2.8.4 Zonificación geotécnica	965
3.2.9 Paisaje	974
3.2.9.1 Unidades geomorfológicas	974
3.2.9.2 Unidades de Cobertura	984
3.2.9.3 Determinación de Unidades de paisaje	985
3.2.9.4 Evaluación y análisis del paisaje	990

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.  
TESALIA – ALFÉREZ Y SUS MÓDULOS DE CONEXIÓN ASOCIADOS, OBRAS QUE  
HACEN PARTE DE LA CONVOCATORIA UPME 05 DE 2009**

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Imágenes de Satélite utilizadas.....	7
Tabla 2 Fotografías aéreas utilizadas .....	8
Tabla 3 Estratigrafía área de influencia indirecta – Línea Tesalia – Alférez 230 Kv .....	12
Tabla 4 Criterios de valoración de susceptibilidad por licuación.....	137
Tabla 5 Sismos más fuertes que han afectado el área de influencia del Proyecto .....	144
Tabla 6 Amenaza sísmica según los valores de Aa y Av, modificado de NSR-10.....	150
Tabla 7 Niveles de amenaza sísmica por municipio.....	150
Tabla 8 Valores de susceptibilidad por licuación según características litológicas .....	155
Tabla 9 Valores de susceptibilidad a licuación por características geomorfológicas .....	156
Tabla 10 Intervalos y categorías de la amenaza por licuación .....	158
Tabla 11 Precipitación total anual en las cuencas del área de influencia del Proyecto... ..	162
Tabla 12 Categorías de evaluación para la precipitación total anual en las cuencas de la zona de estudio .....	163
Tabla 13 Precipitación total anual en las cuencas del área de influencia del Proyecto... ..	164
Tabla 14 Categorías de evaluación para la precipitación total anual en las cuencas de la zona de estudio .....	165
Tabla 15 Densidad de drenaje (Dd, km/km <sup>2</sup> ) para las cuencas en el área de influencia de la Línea de Transmisión Tesalia – Alférez 230kV .....	167
Tabla 16 Categorías de evaluación para la Densidad de drenaje en las cuencas del área de influencia del Proyecto .....	169
Tabla 17 Tiempos de concentración (minutos) para las cuencas del área de influencia del Proyecto .....	172
Tabla 18 Categorías de evaluación para el Tiempo de Concentración en las cuencas del área de influencia del Proyecto.....	174
Tabla 19 Intervalos y categorías de la amenaza por avenidas torrenciales.....	176
Tabla 20 Tipos de amenaza por avenidas torrenciales en las cuencas del área de influencia del Proyecto.....	177
Tabla 21 Amenaza por Torrencialidad para las cuencas del área de influencia del Proyecto .....	179
Tabla 22 Intervalos y categorías de amenaza por inundaciones.....	183
Tabla 23 Valores de susceptibilidad a inundaciones por características geomorfológicas .....	184
Tabla 24 Intervalos y categorías de la amenaza por Inundación.....	186
Tabla 25 Unidades resultantes de la zonificación de amenaza por inundaciones .....	186
Tabla 26 Descargas atmosféricas por rangos altitudinales .....	197
Tabla 27 Amenazas naturales por sitios de torre .....	200
Tabla 28 Leyenda Geomorfológica Área de Influencia Indirecta .....	212
Tabla 29 Distribución de las unidades cartográficas de suelo (All) .....	283
Tabla 30 Unidades cartográficas de suelos de la Zona 1 (Huila) .....	284

Tabla 31 Unidades cartográficas de suelos en la zona Dos (2) del área de estudio.....	288
Tabla 32 Unidades cartográficas de suelos en la zona tres (3) del área de estudio .....	290
Tabla 33 Leyenda Unidades cartográficas de Suelos .....	295
Tabla 34 Unidades cartográficas de suelos en el corredor de 32 metros (AID) .....	303
Tabla 35 Unidades cartográficas de suelos en las Plazas de tendido .....	307
Tabla 36 Unidades cartográficas de suelos en las áreas de adecuación .....	310
Tabla 37 Unidades de suelos en el sector "las mercedes" .....	312
Tabla 38 Capacidad de uso del suelo en el área de estudio (All) .....	319
Tabla 39 Unidades de capacidad de uso de las tierras en el corredor de 32 metros.....	322
Tabla 40 Unidades de capacidad de uso de las tierras en las plazas de tendido .....	326
Tabla 41 Uso potencial del suelo en las áreas de adecuación .....	327
Tabla 42 uso potencial del suelo en el sector "Las Mercedes" .....	328
Tabla 43 Uso actual del suelo en el área de estudio (All) .....	329
Tabla 44 Uso actual del suelo en el área de influencia directa (AID).....	336
Tabla 45 Uso actual del suelo en las áreas de infraestructura asociada .....	337
Tabla 46 Uso actual del suelo en las áreas de adecuación .....	337
Tabla 47 uso actual del suelo en el sector "Las Mercedes" .....	338
Tabla 48 Conflicto de uso del suelo .....	341
Tabla 49 Conflicto de uso del suelo en el área de influencia directa .....	343
Tabla 50 Conflicto de uso del suelo en áreas de infraestructura asociada .....	344
Tabla 51 Conflicto de uso del suelo en las áreas de adecuación .....	345
Tabla 52 Niveles de conflicto de uso del suelo en el sector "Las Mercedes" .....	346
Tabla 53 Relación de las estaciones utilizadas en el análisis hidrológico.....	347
Tabla 54 Inventario de cuerpos lénticos en el área de influencia indirecta del proyecto.	352
Tabla 55 Red hídrica de la zona de estudio .....	352
Tabla 56 Coeficiente de Forma (Kf) .....	365
Tabla 57 Valores de Compacidad (Kc) .....	365
Tabla 58 Índice de Alargamiento (Ia) .....	366
Tabla 59 Coeficiente de Masividad (Km).....	366
Tabla 60 Clasificación de orden de la corriente.....	367
Tabla 61 Clasificación de la densidad del drenaje .....	368
Tabla 62 Resume de los parámetros morfométricos.....	368
Tabla 63 Características principales de las cuencas hidrológicas con estaciones de medida.....	370
Tabla 64 Estaciones utilizadas para análisis.....	376
Tabla 65 Frecuencia de Caudales Máximos, río Magdalena estación Puente Balseadero .....	381
Tabla 66 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Pericongo.....	382
Tabla 67 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Paso del Colegio .....	383
Tabla 68 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Hacienda Venecia .....	384
Tabla 69 Frecuencia de Caudales Máximos Estación TalagaToez .....	385
Tabla 70 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Paicol .....	386
Tabla 71 Frecuencia de Caudales Máximos Estación El Trebol.....	387
Tabla 72 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Río Chiquito .....	388
Tabla 73 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Hidroeléctrica .....	389
Tabla 74 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Bocatoma.....	390
Tabla 75 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Yerbabuena.....	391

Tabla 76 Frecuencia de Caudales Máximos Estación El Socorro .....	392
Tabla 77 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Santa María.....	393
Tabla 78 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Las Sardinas .....	394
Tabla 79 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Bocas .....	395
Tabla 80 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Gaitana .....	396
Tabla 81 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Puente Aragón .....	397
Tabla 82 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Bocatoma Vinagre.....	398
Tabla 83 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Hacienda Venecia.....	410
Tabla 84 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Estación Paicol .....	411
Tabla 85 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación TalagaToez.....	412
Tabla 86 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación El Trébol .....	413
Tabla 87 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Paso del Colegio.....	414
Tabla 88 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Hidroeléctrica .....	415
Tabla 89 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Bocatoma.....	416
Tabla 90 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Yerbabuena .....	417
Tabla 91 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación El Socorro .....	418
Tabla 92 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Santa María .....	419
Tabla 93 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Las Sardinas.....	420
Tabla 94 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Bocas.....	421
Tabla 95 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Gaitana .....	422
Tabla 96 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Puente Aragón .....	423
Tabla 97 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Bocatoma Vinagre.....	424
Tabla 98 Clasificación de Rendimientos Hídricos .....	425
Tabla 99 Tabla resumen de rendimientos hídricos de las principales corrientes, según estación de medida.....	427
Tabla 100 Cruces de corrientes, Línea de Transmisión área del proyecto .....	430
Tabla 101 Inventario de fuentes contaminantes en el área de estudio.....	442
Tabla 102 Valores de referencia para uso del agua.....	444
Tabla 103 Métodos Parámetros evaluados.....	446
Tabla 104 Equipos utilizados durante el monitoreo.....	447
Tabla 105 Equipos utilizados durante el monitoreo realizado en el Resguardo Las Mercedes.....	448
Tabla 106 Características Generales Equipo Hach Sension 156.....	448
Tabla 107 Estaciones de muestreo Agua superficial.....	449
Tabla 108 Estaciones de muestreo Agua subterránea .....	449
Tabla 109 Requerimientos de manipulación Preservación de la muestra. ....	450
Tabla 110 Resultados In situ y de laboratorio Río Iquira. ....	454
Tabla 111 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Iquira. ....	455
Tabla 112 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	456
Tabla 113 Resultados In situ y de laboratorio Q. Pedernal.....	458
Tabla 114 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q. Pedernal.....	460
Tabla 115 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	460
Tabla 116 Resultados In situ y de laboratorio, Río Bache. ....	463
Tabla 117. Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Bache.....	464
Tabla 118 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	465
Tabla 119 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada El Nilo. ....	468
Tabla 120. Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q. Nilo.....	470

Tabla 121 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	471
Tabla 122 Resultados In situ y de laboratorio Río Claro .....	473
Tabla 123 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Claro. ....	476
Tabla 124 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	476
Tabla 125 Resultados In situ y de laboratorio. Quebrada Montalvo. ....	480
Tabla 126 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q Montalvo .....	482
Tabla 127 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	483
Tabla 128 Resultados In situ y de laboratorio Río Siquilá .....	486
Tabla 129 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Siquila. ....	487
Tabla 130 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	488
Tabla 131 Resultados In situ y de laboratorio Río Hereje .....	490
Tabla 132 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Hereje .....	493
Tabla 133 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	493
Tabla 134 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada Bejuquero.....	497
Tabla 135 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q Bejuquero.....	499
Tabla 136 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	499
Tabla 137 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada El Triunfo.....	502
Tabla 138 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q El Triunfo.....	504
Tabla 139 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	504
Tabla 140 Resultados In situ y de laboratorio Q. La Represa, Q. El Quebradon Y Q. La Honda.....	507
Tabla 141 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.....	511
Tabla 142 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	511
Tabla 143 Resultados In situ y de laboratorio Arrollo La Holanda, Q. El Paso Y Laguna Linda.....	515
Tabla 144 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.....	519
Tabla 145 Resultados In situ y de laboratorio Quebradas Albania 1, Amarillita Y El Venado .....	522
Tabla 146 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.....	526
Tabla 147 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	526
Tabla 148 Resultados In situ y de laboratorio, Q. La Cascada, Q. El Auxilio, Ciénaga El Purgatorio. ....	529
Tabla 149 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.....	534
Tabla 150 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	534
La Tabla 151 presenta el nivel de contaminación trófica para los tres puntos monitoreados, en ella se ve que los tres puntos presentan Oligotrofia, evidencia de la buena condición del recurso. ....	534
Tabla 152 Resultados In situ y de laboratorio Q. El Purgatorio, Laguna Patio Bonito Y La Turbera.....	536
Tabla 153 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.....	541
Tabla 154 ICOTRO (Índice de contaminación trófico).....	541
Tabla 155 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada Oriente .....	543
Tabla 156 Resultados de los índices de Contaminación ICO – Quebrada Oriente.....	544
Tabla 157 Huevos de Helmintos – Quebrada Oriente aguas arriba .....	545
Tabla 158 Huevos de Helmintos – Quebrada Oriente aguas abajo.....	545
Tabla 159 Resultados In situ y de laboratorio Río Bolo y Quebrada Nogal .....	547

Tabla 160 Resultados de los índices de Contaminación ICO - Río Bolo y Quebrada Nogal .....	548
Tabla 161 Huevos de Helmintos – Río Bolo.....	549
Tabla 162 Huevos de Helmintos – Quebrada Nogal .....	549
Tabla 163 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada Salsipuedes y Quebrada Párraga .....	551
Tabla 164 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO – Quebrada Salsipuedes y Quebrada Párraga. ....	552
Tabla 165 Huevos de Helmintos – Quebrada Salsipuedes .....	553
Tabla 166 Huevos de Helmintos – Quebrada Párraga.....	553
Tabla 167 Resultados In situ Nacimiento de agua- Torre 63, Nacimiento de Agua -Torre 94 Y Agua Subterránea 1- La Herrera .....	556
Tabla 168 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.....	560
Tabla 169 Resultados In situ y de Laboratorio Nacimiento de agua- Torre 63, Nacimiento de Agua -Torre 94 Y Agua Subterránea 1- La Herrera.....	561
Tabla 170 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.....	565
Tabla 171 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Fitoplanctónica.....	566
Tabla 172 Especies más representativas de la comunidad Fitoplanctónica .....	569
Tabla 173 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Zooplanctónica .....	572
Tabla 174 Taxas más representativos de la comunidad Zooplanctónica en las estaciones de muestreo.....	575
Tabla 175 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Perifítica.....	575
Tabla 176 Especies más representativas de la comunidad Perifítica.....	578
Tabla 177 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Bentónica.....	578
Tabla 178 Especies más representativas de la comunidad Bentónica.....	581
Tabla 179 Clasificación de las aguas y su significado ecológico.....	582
Tabla 180 Clasificación de las fuentes hídricas según BMWP .....	583
Tabla 181 Clasificación de las fuentes hídricas según BMWP .....	583
Tabla 182 Clasificación de las fuentes hídricas según BMWP.....	583
Tabla 183 Equivalencias De Las Estaciones De Monitoreo Y Los Códigos Asignados En El ACP.....	584
Tabla 184 Inventario registrado en campo de los usos y usuarios del recurso hídrico en el área de influencia del proyecto .....	686
Tabla 185 Usuarios registrados en las corporaciones autónomas con jurisdicción en el área de estudio .....	690
Tabla 186 Resumen Cuerpos Lénticos Zona de influencia del proyecto .....	703
Tabla 187 Usos del agua en el Área de Influencia del proyecto.....	709
Tabla 188 Tipo de tratamiento de las aguas residuales municipales.....	710
Tabla 189 Fuentes hídricas superficiales para captación.....	711
Tabla 190 Relación de corrientes interceptadas por el trazado del proyecto de Transmisión eléctrica.....	715
Tabla 191 Sistemas acuíferos en el área de influencia del proyecto (AII – AID), área y porcentaje.....	733

Tabla 192 Puntos de agua subterránea inventariados en el área de influencia del proyecto .....	743
Tabla 193 Inventario de puntos de agua subterránea Datum Bogotá origen Este.....	747
Tabla 194 Inventario de puntos de agua subterránea Datum Bogotá origen Este.....	750
Tabla 195 Asignación de índices, Parámetros “G” .....	760
Tabla 196 Asignación de índices, Parámetros “O” según litología de las Unidades Geológicas.....	763
Tabla 197 Asignación de índices, Parámetros “D” .....	766
Tabla 198 Asignación de índices, Parámetros “D” según profundidad de la tabla de agua estimada de acuerdo a la posición topográfica de las Unidades Geológicas .....	767
Tabla 199 Categorías de vulnerabilidad para el método GOD .....	769
Tabla 200 Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación en el Área de Influencia Indirecta de la Línea Eléctrica Tesalia-Alfárez .....	771
Tabla 201 Relación de estaciones meteorológicas Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena. ....	772
Tabla 202 Relación de estaciones meteorológicas Zona 2: Cordillera. ....	773
Tabla 203 Relación de estaciones meteorológicas Zona 3: Cuenca Alta Río Cauca. ....	773
Tabla 204 Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.....	776
Tabla 205 Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 2: Cordillera.....	777
Tabla 206 Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca. ....	778
Tabla 207 Precipitación media mensual multianual estaciones.....	781
Tabla 208 Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera. ....	782
Tabla 209 Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca. ....	783
Tabla 210 Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena. ....	786
Tabla 211 Humedad relativa media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera. ....	787
Tabla 212 Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 3- Cuenca Alta Río Cauca.....	788
Tabla 213 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.....	791
Tabla 214 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 2 – Cordillera. ....	792
Tabla 215 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca. ....	793
Tabla 216 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.....	796
Tabla 217 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.....	797
Tabla 218 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.....	797
Tabla 219 Evaporación mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.....	798
Tabla 220 Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.....	799
Tabla 221 Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca. ....	800
Tabla 222 Balance hídrico estación La Herrera .....	808

Tabla 223 Balance hídrico estación Puerto Saldaña.....	809
Tabla 224 Balance hídrico estación Incauca.....	811
Tabla 225 Balance hídrico estación Cenicaña .....	812
Tabla 226 Índice climático según método de Caldas-Lang .....	814
Tabla 227 Índices de Clasificación Climática .....	814
Tabla 228 Clasificación Climática en el Área de Estudio.....	816
Tabla 229 Niveles Máximos permisibles para contaminantes criterios.....	819
Tabla 230 Métodos de muestreo y análisis de parámetros de calidad del aire.....	820
Tabla 231 Equipos utilizados durante el muestreo.....	820
Tabla 232 Ubicación de estaciones de calidad del aire.....	824
Tabla 233 Estación meteorológica utilizadas para caracterizar el área de estudio.....	828
Tabla 234 Información meteorológica para el año 2012 en la estación 21115020, APTO BENITO SALAS.....	829
Tabla 235 Información meteorológica para el año 2012.....	832
Tabla 236 Información meteorológica para el año 2012.....	835
Tabla 237 Resultados Monitoreo Partículas Suspendidas Totales, julio y agosto de 2013, Estación 1 .....	839
Tabla 238 Resultados del Monitoreo de Partículas Suspendidas Totales, julio y agosto de 2013, Estación 2 .....	840
Tabla 239 Resultados del Monitoreo de Partículas Suspendidas Totales, julio y agosto de 2013, Estación 3.....	841
Tabla 240 Resultados del Monitoreo de Partículas Suspendidas Totales, julio y agosto de 2013, Estación 4.....	842
Tabla 241 Resultados Monitoreo Partículas Suspendidas Totales, Diciembre de 2013 .....	843
Tabla 242 Resultados del monitoreo de PM-10, junio y agosto de 2013, Estación 1 ....	849
Tabla 243 Resultados del monitoreo de PM-10, junio y agosto de 2013, Estación 2 ....	850
Tabla 244 Resultados del monitoreo de PM-10, junio y agosto de 2013, Estación 3 ....	851
Tabla 245 Resultados del monitoreo de PM-10, junio y agosto de 2013, Estación 4 ....	852
Tabla 246 Resultados Monitoreo PM-10, Diciembre de 2013, Estación 5 .....	853
Tabla 247 Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno y azufre julio y agosto de 2013, Estación 1 .....	860
Tabla 248 Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno y azufre julio y agosto de 2013, Estación 2.....	861
Tabla 249 Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno y azufre julio y agosto de 2013, Estación 3.....	862
Tabla 250 Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno y azufre julio y agosto de 2013, Estación 4.....	863
Tabla 251 Resultados Monitoreo óxidos de nitrógeno y azufre, Diciembre de 2013, Estación 5.....	864
Tabla 252 Concentraciones de CO en PPM, julio y agosto de 2013, todas las estaciones .....	870
Tabla 253 Concentración de CO, en ppm. Diciembre de 2013, Estación 5 La Herrera..	871
Tabla 254 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dBA .....	873
Tabla 255 Equipos utilizados durante la medición .....	875
Tabla 256 Puntos de medición de ruido ambiental.....	876
Tabla 257 Información meteorológica básica.....	878

Tabla 258 Resumen de las lecturas diurnas de monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 1 .....	879
Tabla 259 de la corrección por impulsos (KI), Estación 1 .....	880
Tabla 260 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 1.....	880
Tabla 261 Resumen de las lecturas nocturnas de monitoreo discriminando por parámetro de medida, Estación 1 .....	882
Tabla 262 Cálculo de las correcciones por impulsos (KI), Estación 1 .....	883
Tabla 263 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 1.....	884
Tabla 264 Resumen de las lecturas diurnas de monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 2 .....	886
Tabla 265 Cálculo de la corrección por impulsos (KI), Estación 2.....	887
Tabla 266 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 2.....	888
Tabla 267 Resumen de las lecturas nocturnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 2 .....	889
Tabla 268 Cálculo de la corrección por impulsos (KI), Estación 2.....	890
Tabla 269 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 2.....	891
Tabla 270 Resumen de las lecturas diurnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 3 .....	893
Tabla 271 Cálculo de la corrección por impulsos (KI), Estación 3.....	894
Tabla 272 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 3.....	895
Tabla 273 Resumen de las lecturas nocturnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 3 .....	897
Tabla 274 Cálculo de la corrección por impulsos (KI) , Estación 3.....	898
Tabla 275 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 3.....	899
Tabla 276 Resumen de las lecturas diurnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 4 .....	901
Tabla 277 Cálculo de la corrección por impulso (KI), Estación 4.....	902
Tabla 278 Corrección por tono y contenido de información HT, Estación 4 .....	903
Tabla 279 Resumen de las lecturas nocturnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 4 .....	904
Tabla 280 Cálculo de la corrección por impulsos (KI), Estación 4.....	905
Tabla 281 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 4.....	906
Tabla 282 <i>Resumen de las Lecturas de Monitoreo Discriminado por Parámetro de Medida</i> .....	908
Tabla 283 Calculo de la corrección por impulsos (KI). .....	909
Tabla 284 Corrección por Tono y Contenido de Información KT .....	910
Tabla 285 Resumen de las Lecturas de Monitoreo Discriminado por Parámetro de Medida .....	912
Tabla 286 Calculo de la corrección por impulsos (KI). .....	913
Tabla 287 Corrección por Tono y Contenido de Información KT .....	914
Tabla 288 Descripción general de los puntos de monitoreo corregidos en orden de magnitud descendente.....	917
Tabla 289 Descripción de los puntos de monitoreo corregidos en orden de magnitud descendente .....	919
Tabla 290 Descripción General del Punto de Monitoreo Corregido en Orden de Magnitud Descendente .....	921

Tabla 291 Descripción General de los Puntos de Monitoreo Corregidos en Orden de Magnitud Descendente .....	922
Tabla 292 Categorías y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables .....	928
Tabla 293 Categorías y valores de Susceptibilidad a PRM .....	929
Tabla 294 Categorías de Amenaza relativa del terreno por PRM .....	929
Tabla 295 Susceptibilidad a PRM por litología .....	932
Tabla 296 Susceptibilidad a PRM por características geomorfológicas .....	938
Tabla 297 Susceptibilidad a PRM por aspectos hidrogeológicos .....	943
Tabla 298 Susceptibilidad a PRM por cobertura del suelo .....	946
Tabla 299 Susceptibilidad a PRM por tipo de estructuras geológicas .....	949
Tabla 300 Parámetros morfométricos de las cuencas de drenaje .....	952
Tabla 301 Criterios de susceptibilidad de drenajes .....	957
Tabla 302 Susceptibilidad a PRM por pendientes del terreno .....	959
Tabla 303 Intervalos y categorías de la susceptibilidad general del terreno .....	962
Tabla 304 Intervalos de categorías de precipitación .....	965
Tabla 305 Susceptibilidad a PRM por sismicidad .....	968
Tabla 306 Niveles de Amenaza Sísmica por municipios .....	968
Tabla 307 Categorías de Amenaza relativa del terreno por PRM .....	971
Tabla 308 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica del área de influencia del proyecto .....	973
Tabla 309 Agrupación de unidades geomorfológicas .....	976
Tabla 310 Agrupación de las unidades de cobertura .....	984
Tabla 311 Unidades de Paisaje determinadas en el área de estudio .....	986
Tabla 312 Unidades de paisaje del sector "Las Mercedes" .....	989
Tabla 313 Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje BLM (1980) .....	991
Tabla 314 Clases utilizadas para evaluar la calidad visual y puntaje .....	991
Tabla 315 Evaluación de la calidad visual para cada unidad de paisaje .....	992
Tabla 316 Área y porcentaje de las categorías de calidad visual .....	993
Tabla 317 Expresión potencial estético total .....	993
Tabla 318 Expresión potencial estético de los elementos biofísicos .....	993
Tabla 319 Elementos biofísicos y sus pesos .....	994
Tabla 320 Expresión potencial estético de los elementos arquitectónicos .....	994
Tabla 321 Elementos arquitectónicos .....	994
Tabla 322 Valor de los elementos en la composición biofísica y arquitectónica .....	994
Tabla 323 Escala de ponderación para clasificar el potencial estético del paisaje .....	995
Tabla 324 Evaluación del Potencial Estético para cada unidad de paisaje .....	996
Tabla 325 Área y porcentaje de las categorías de potencial estético .....	1003
Tabla 326 Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual CAV (Yeomans, 1986) .....	1004
Tabla 327 Escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción visual del paisaje .....	1004
Tabla 328 Evaluación de la capacidad de absorción visual para las unidades de paisaje .....	1006
Tabla 329 Área y porcentaje de categorías de capacidad de absorción .....	1008
Tabla 330 Evaluación de la accesibilidad visual – Intervisibilidad .....	1009
Tabla 331 Área y porcentaje de la accesibilidad visual .....	1010

---

Tabla 332 Síntesis de los resultados de calidad visual, potencial estético, capacidad de absorción y accesibilidad para las unidades de paisaje .....	1011
---	------

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.  
TESALIA – ALFÉREZ Y SUS MÓDULOS DE CONEXIÓN ASOCIADOS, OBRAS QUE  
HACEN PARTE DE LA CONVOCATORIA UPME 05 DE 2009**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Esquema de evolución geológica sur de la Cordillera Central.....	4
Figura 2 Unidades litológicas área de influencia indirecta, Línea Tesalia – Alférez 230 kV .....	10
Figura 3 Complejo Aleluya (Pea) .....	20
Figura 4 Formación Saldaña (Js) conformando el núcleo del anticlinal La Hocha.....	25
Figura 5 Batolito de Ibagué (Ji) en contacto con Formación Saldaña (Js).....	29
Figura 6 Formación Caballos (Kc).....	33
Figura 7 Formación Caballos (Kc), susceptible de erosión en eriales y surcos .....	34
Figura 8 Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco (Krsqb).....	35
Figura 9 Formación Hondita – Formación Loma Gorda (Kh-Kl) y Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt) .....	37
Figura 10 Formación Seca (KPgs).....	43
Figura 11 Equivalencia de unidades sedimentarias del Neógeno, Paleógeno, parte del Maastrichtiano, en el Valle Superior del Magdalena .....	45
Figura 12 Formaciones Palermo (Pgp), Baché (PGb) y Tesalia (Pgt) .....	46
Figura 13 Formaciones Potrerillo (Pgpo), Doima (PgNgd), Grupo Honda (Ngh) y depósitos aluviales.....	50
Figura 14 Rocas Hipoabisales (Tad).....	54
Figura 15 Cono aluvial de Gaitania (Qag).....	56
Figura 16 Depósitos glaciares y fluvio-glaciares (Qfg).....	57
Figura 17 Terrazas pumíticas (Qtp) .....	59
Figura 18 Terrazas aluviales (Qt) en alrededores de la Subestación Tesalia a 230 kV ....	65
Figura 19 Depósitos aluviales del río Cauca .....	66
Figura 20 Cruce por sobre el valle del río Macurí - Callejón.....	67
Figura 21 Estructuras geológicas área de influencia indirecta, Línea Tesalia – Alférez 230 kV .....	69
Figura 22 Depósitos aluviales del río Macurí, entre VTATP010 (T39) y VTATP011 (T41)	86
Figura 23 Cantera de extracción de material para recebo, al norte del municipio de Iquira (vía Iquira – Valencia de la Paz) .....	88
Figura 24 Alineamiento estructural sobre rocas intrusivas del Batolito de Ibagué (Ji) .....	89
Figura 25 Localización Vértice R8V (T299-V2) .....	116
Figura 26 Principales fallas geológicas al oriente del área de influencia del Proyecto....	141
Figura 27 Principales fallas geológicas al occidente de la zona de estudio.....	142
Figura 28 Sistemas de fallas en el área de influencia del proyecto .....	143
Figura 29 Aceleraciones pico del terreno para una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años.....	146
Figura 30 Sismos ocurridos en Colombia entre 1900 y 2012 .....	147
Figura 31 Mapa de Valores de Aa para Colombia.....	148
Figura 32 Mapa de valores de Av para Colombia .....	149

Figura 33 Amenaza sísmica del corredor de la Línea de Transmisión Tesalia – Alférez	151
Figura 34 Perfil altimétrico del terreno a lo largo de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV .....	152
Figura 35 Amenaza por licuación en el área de influencia del Proyecto.....	160
Figura 36 Amenaza por licuación en AII y AID.....	161
Figura 37 Mapa de categorización de precipitación total anual como factor de torrencialidad en las cuencas de la zona de influencia del Proyecto.....	166
Figura 38 Mapa de categorización de la Densidad de drenaje como factor de torrencialidad en las cuencas del área de influencia del Proyecto.....	170
Figura 39 Mapa de categorización del Tiempo de Concentración (Tc) como factor de torrencialidad en las cuencas del área de influencia del Proyecto.....	175
Figura 40 Amenaza por avenidas torrenciales .....	178
Figura 41 Amenaza por torrencialidad en AII y AID .....	180
Figura 42 Sistema de Transferencia .....	181
Figura 43 Representación de zonas con Amenaza a inundación.....	183
Figura 44 Amenaza por inundación en el área de influencia del Proyecto .....	187
Figura 45 Amenaza por inundaciones en AII y AID.....	188
Figura 46 Mapa de Amenaza Geotécnica .....	189
Figura 47 Zonificación Geotécnica en AII y AID.....	190
Figura 48 Mapa de Amenaza Volcánica Volcán Nevado del Huila.....	194
Figura 49 Mapa de Amenazas Naturales en el área de influencia del Proyecto.....	199
Figura 50 Amenazas naturales en AII y AID .....	200
Figura 51 Unidades Geomorfológicas.....	211
Figura 52 Símbolo y convenciones de rangos de pendientes .....	218
Figura 53 Ubicación cono de deyección (LS20-62d) en paisaje de Lomas Estructurales – Erosionales.....	221
Figura 54 Ubicación de Vallecitos coluvio aluviales (MS44-62d) en paisaje de Montañas Estructurales – Erosionales .....	225
Figura 55 Paisaje de Montañas Fluvio Glaciares .....	227
Figura 56 Vega aluvial(PA44-103) .....	228
Figura 57 Ubicación Abanico aluvial reciente (PA5-62c) en paisaje de Piedemonte .....	229
Figura 58 Ubicación de Cono de deyección (PC28-62d) en paisaje de Piedemonte.....	230
Figura 59 Unidades geomorfológicas entre Vértices VTAPF036N(T210) – VTAPF039N (T244).....	264
Figura 60 unidades geomorfológicas entre Vértices VTAPF039AB (R1 = T263) – R3A (T278-V2 y T279-V2).....	267
Figura 61 Unidades Geomorfológicas entre el sitio de torre 284–V2 y vértice R12V (T320-V2).....	271
Figura 62 Unidades Geomorfológicas entre sitios de torre 322-V2 a 327-V2.....	274
Figura 63 Capacidad de uso del suelo en el área de influencia indirecta .....	318
Figura 64 Conflicto de Uso del suelo en el área de influencia indirecta.....	340
Figura 65 Conflicto de uso del suelos en el área de influencia directa .....	342
Figura 66 Análisis Caudales Máximos Río Magdalena, estación Puente Balseadero ....	382
Figura 67 Análisis Caudales Máximos Estación Pericongo.....	383
Figura 68 Análisis Caudales Máximos Estación Paso del Colegio .....	384
Figura 69 Análisis Caudales Máximos Estación Hacienda Venecia .....	385
Figura 70 Análisis Caudales Máximos Estación TalagaToez .....	386

Figura 71 Análisis Caudales Máximos Estación Paicol .....	387
Figura 72 Análisis Caudales Máximos Estación Paicol .....	388
Figura 73 Análisis Caudales Máximos Estación Río Chiquito .....	389
Figura 74 Análisis Caudales Máximos Estación Hidroeléctrica .....	390
Figura 75 Análisis Caudales Máximos Estación Bocatoma .....	391
Figura 76 Análisis Caudales Máximos Estación Yerbabuena.....	392
Figura 77 Análisis Caudales Máximos Estación El Socorro .....	393
Figura 78 Análisis Caudales Máximos Estación Santa María.....	394
Figura 79 Análisis Caudales Máximos Estación Las Sardinas .....	395
Figura 80 Análisis Caudales Máximos Estación Bocas .....	396
Figura 81 Análisis Caudales Máximos Estación Gaitana .....	397
Figura 82 Análisis Caudales Máximos Estación Puente Aragón .....	398
Figura 83 Análisis Caudales Máximos Estación Bocatoma Vinagre.....	399
Figura 84 Análisis Caudales Máximos Estación Puente Carretera.....	399
Figura 85 Análisis Caudales Medios Estación Venecia.....	400
Figura 86 Análisis Caudales Medios Estación Bocatoma Vinagre.....	400
Figura 87 Análisis Caudales Medios Estación Las Sardinas .....	401
Figura 88 Análisis Caudales Medios Estación Puente Carretera .....	401
Figura 89 Análisis Caudales Medios Estación Hidroeléctrica .....	402
Figura 90 Análisis Caudales Medios Estación Talaga- Toez Automático .....	403
Figura 91 Análisis Caudales Medios Estación Paicol.....	403
Figura 92 Análisis Caudales Medios Estación Paso El Colegio .....	404
Figura 93 Análisis Caudales Medios Estación Yerbabuena .....	404
Figura 94 Análisis Caudales Medios Estación Bocatoma.....	405
Figura 95 Análisis Caudales Medios Estación Puente Aragón .....	406
Figura 96 Análisis Caudales Medios Estación Bocas.....	407
Figura 97 Análisis Caudales Medios Estación El Trebol .....	407
Figura 98 Análisis Caudales Medios Estación Santa María .....	408
Figura 99 Análisis Caudales Medios Estación El Socorro .....	408
Figura 100 Análisis Caudales Medios Estación La Gaitania.....	409
Figura 101 Análisis Caudales Mínimos Estación Hacienda Venecia .....	410
Figura 102 Análisis Caudales Mínimos Estación Paicol .....	411
Figura 103 Análisis Caudales Mínimos Estación TalagaToez .....	412
Figura 104 Análisis Caudales Mínimos Estación El Trébol .....	413
Figura 105 Análisis Caudales Mínimos Estación Paso del Colegio .....	414
Figura 106 Análisis Caudales Mínimos Estación Hidroeléctrica .....	415
Figura 107 Análisis Caudales Mínimos Estación Bocatoma.....	416
Figura 108 Análisis Caudales Mínimos Estación Hacienda Yerbabuena.....	417
Figura 109 Análisis Caudales Mínimos Estación El Socorro .....	418
Figura 110 Análisis Caudales Mínimos Estación Santa María .....	419
Figura 111 Análisis Caudales Mínimos Estación Las Sardinas .....	420
Figura 112 Análisis Caudales Mínimos Estación Bocas.....	421
Figura 113 Análisis Caudales Mínimos Estación Gaitana .....	422
Figura 114 Análisis Caudales Mínimos Estación Puente Aragón .....	423
Figura 115 Análisis Caudales Mínimos Estación Bocatoma Vinagre.....	424
Figura 116 Rendimiento hídrico de las estaciones en estudio.....	426
Figura 117 Rendimiento hídrico de las estaciones en estudio.....	428

Figura 118 Método de clasificación del Número de Orden de corrientes de drenaje superficial .....	429
Figura 119 resultado del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Fitoplanctónica y el pH.....	567
Figura 120 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Fitoplancton y la conductividad .....	567
Figura 121 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Fitoplancton y los SDT .....	568
Figura 122 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Fitoplancton y el oxígeno disuelto .....	568
Figura 123 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Zooplancton y el pH, .....	573
Figura 124 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Zooplancton y la conductividad .....	573
Figura 125 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Zooplancton y los SDT .....	574
Figura 126 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Zooplancton y el oxígeno disuelto .....	574
Figura 127 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad Shannon Perifiton y el pH .....	576
Figura 128 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Perifiton y la conductividad.....	576
Figura 129 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Perifiton y los SDT.....	577
Figura 130 índice de diversidad de Shannon Perifiton y el oxígeno disuelto .....	577
Figura 131 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Bentos y el pH.....	579
Figura 132 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Bentos y la conductividad.....	579
Figura 133 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Bentos y los SDT .....	580
Figura 134 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Bentos y el Oxígeno disuelto.....	580
Figura 135 Correlaciones espaciales y entre algunas variables físico-químicas y de estructura de la comunidad fitoplanctónica, zooplanctónica, perifítica y bentónica: h': diversidad de shannon-wiener, sdt: sólidos disueltos totales, cod: conductividad, alc: alcalinidad, po4: fosfatos, dqo,nt: nitrógeno total. ....	584
Figura 136 Comportamiento del color verdadero en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	586
Figura 137 Comportamiento del los Cloruros en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma. ....	587
Figura 138 Comportamiento del los Sulfatos en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	588
Figura 139 Comportamiento del Nitrato en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	589
Figura 140 Comportamiento del Nitrito en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma. ....	590

Figura 141 Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	591
Figura 142 Comportamiento del Cadmio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	592
Figura 143 Comportamiento del Hierro Total en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma. ....	593
Figura 144 Comportamiento del Plomo en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma. ....	594
Figura 145 Comportamiento del Selenio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	595
Figura 146 Comportamiento del Cobre en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma .....	596
Figura 147 Comportamiento del Mercurio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	597
Figura 148 Comportamiento del Zinc en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma .....	598
Figura 149 Comportamiento del Niquel en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma. ....	599
Figura 150 Comportamiento del Plata en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma .....	600
Figura 151 Comportamiento del Vanadio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	601
Figura 152 Comportamiento del Arsenio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	602
Figura 153 Comportamiento de Coliformes Totales en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	603
Figura 154 Comportamiento de Coliformes Fecales en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.....	604
Figura 155 Comportamiento Del PH En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.....	607
Figura 156 Comportamiento Del Hierro En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma. ....	608
Figura 157 Comportamiento De Los Sólidos Totales En Las Fuentes Estudiadas. ....	609
Figura 158 Comportamiento De Los Sulfatos En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma. ....	610
Figura 159 Comportamiento De La Alcalinidad En Las Fuentes Estudiadas.....	610
Figura 160 Comportamiento Del Sodio Total En Las Fuentes estudiadas.....	611
Figura 161 Comportamiento De Coliformes Totales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma. ....	612
Figura 162 Comportamiento De Coliformes Fecales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma. ....	612
Figura 163 Comportamiento De La Turbiedad En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma. ....	613
Figura 164 Comportamiento Del Oxígeno Disuelto En Las Fuentes Estudiadas. ....	614
Figura 165 Comportamiento Del La Conductividad En Las Fuentes Estudiadas.....	614
Figura 166 Comportamiento De La Temperatura En Las Fuentes Estudiadas.....	615

Figura 167 Comportamiento De los Sólidos Disueltos Totales En Las Fuentes Estudiadas.....	616
Figura 168 Comportamiento De la Demanda Química de Oxígeno (DQO) En Las Fuentes Estudiadas.....	617
Figura 169 Comportamiento Del Magnesio En Las Fuentes Estudiadas.....	617
Figura 170 Comportamiento Del Potasio En Las Fuentes Estudiadas.....	618
Figura 171 Comportamiento Del PH En Las Fuentes Estudiadas, Y su Comparación con La Norma.....	619
Figura 172 Comportamiento Del Hierro En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.....	620
Figura 173 Comportamiento De Los Sulfatos En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.....	621
Figura 174 Comportamiento De La Alcalinidad En Las Fuentes Estudiadas.....	621
Figura 175 Comportamiento Del Sodio Total En Las Fuentes.....	622
Figura 176 Comportamiento De Coliformes Totales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.....	623
Figura 177 Comportamiento De Coliformes Fecales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.....	624
Figura 178 Comportamiento De La Turbiedad En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.....	625
Figura 179 Comportamiento Del Oxígeno Disuelto En Las Fuentes Estudiadas.....	625
Figura 180 Comportamiento De La Conductividad En Las Fuentes Estudiadas.....	626
Figura 181 Comportamiento De La Temperatura En Las Fuentes Estudiadas.....	627
Figura 182 Comportamiento De Los Sólidos Disueltos Totales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.....	627
Figura 183 Comportamiento De La Demanda Química de Oxígeno (DQO) En Las Fuentes Estudiadas.....	628
Figura 184 Comportamiento Del Magnesio En Las Fuentes Estudiadas.....	629
Figura 185 Comportamiento Del Potasio En Las Fuentes Estudiadas.....	630
Figura 186 Temperatura de la muestra en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	633
Figura 187 pH en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	634
Figura 188 Conductividad en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	634
Figura 189 Sólidos Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	635
Figura 190 Sólidos Suspendidos Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados...	636
Figura 191 Disueltos Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	636
Figura 192 Sólidos Sedimentables en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	637
Figura 193 Oxígeno Disuelto en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	637
Figura 194 Caudal en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	638
Figura 195 Acidez Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	639
Figura 196 Alcalinidad Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	639
Figura 197 Bicarbonatos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	640
Figura 198 Arsénico en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	640
Figura 199 Cadmio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	641
Figura 200 Cloruros en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	642
Figura 201 Cobre en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	642
Figura 202 Coliforme Fecales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	643
Figura 203 Coliformes Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	644

Figura 204 Cromo Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	644
Figura 205 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5) en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	645
Figura 206 Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	646
Figura 207 Fenoles Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	646
Figura 208 Fosfatos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	647
Figura 209 Fósforo Inorgánico en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	648
Figura 210 Orgánico en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	648
Figura 211 Fósforo Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	649
Figura 212 Grasas y Aceites en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	650
Figura 213 Hierro Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	650
Figura 214 Magnesio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	651
Figura 215 Mercurio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	652
Figura 216 Níquel en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	652
Figura 217 Nitratos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	653
Figura 218 Nitritos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	654
Figura 219 Nitrógeno Amoniacal en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	654
Figura 220 Nitrógeno Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	655
Figura 221 Plata en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	655
Figura 222 Plomo en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	656
Figura 223 Potasio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	657
Figura 224 Selenio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	657
Figura 225 Sodio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	658
Figura 226 Sulfatos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	658
Figura 227 Sulfuros en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	659
Figura 228 Tensoactivos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	660
Figura 229 Turbiedad en los seis (6) cuerpos de agua estudiados .....	660
Figura 230 Zinc en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	661
Figura 231 Huevos de Helmintos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados.....	662
Figura 232 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipios Tesalia, Iquira, Teruel y Palermo. ....	667
Figura 233 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipios Santa María y Planadas. ....	670
Figura 234 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipio de rio blanco. ....	673
Figura 235 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Resguardo Las Mercedes.....	679
Figura 236 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipio de Pradera y Florida. ....	681
Figura 237 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipios de Florida y Candelaria.....	684
En la Figura 238 se localizan los puntos de captación a utilizar para el proyecto.....	712
Figura 239 Localización de los puntos de captación a utilizar para el proyecto.....	713
Figura 240 Unidades Hidrogeológicas .....	730
Figura 241 Localización de los puntos de agua subterránea área de estudio .....	749

Figura 242 Sistema de indexación GOD, para la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación .....	758
Figura 243 Mapa de Condición del Acuífero - Parámetro “G” .....	762
Figura 244 Mapa predominio litológico de la zona no saturada, Parámetro “O” .....	765
Figura 245 Mapa de profundidad de la tabla de agua, Parámetro “D” .....	768
Figura 246 Mapa de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.....	770
Figura 247 Localización de estaciones climatológicas empleadas en la zona de estudio .....	775
Figura 248 Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.....	777
Figura 249 Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 2: Cordillera. ....	778
Figura 250 Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca. ....	779
Figura 251 Mapa de isotermas en el Área de Influencia Indirecta.....	780
Figura 252 Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.....	782
Figura 253 Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera. ....	783
Figura 254 Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca. ....	784
Figura 255 Mapa de isoyetas en el Área Estudio.....	785
Figura 256 Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena. ....	787
Figura 257 Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera. ....	788
Figura 258 Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 3- Cuenca Alta Río Cauca.....	789
Figura 259 Mapa de isolíneas de humedad relativa en el área de estudio .....	790
Figura 260 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.....	792
Figura 261 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 2 – Cordillera.....	793
Figura 262 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca. ....	794
Figura 263 Mapa de Isolíneas de Brillo Solar en el Área de Estudio.....	795
Figura 264 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.....	796
Figura 265 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.....	797
Figura 266 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca. ....	798
Figura 267 Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.....	799
Figura 268 Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera. ....	800
Figura 269 Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca. ....	801
Figura 270 Mapa de isolíneas de la Evaporación en el Área de Estudio.....	802
Figura 271 Mapa de la distribución de la Velocidad de Vientos multianual .....	804
Figura 272 Rosa de los vientos representativa en el Sector andino suroriental.....	805
Figura 273 Rosa de los vientos representativa en el Sector Valle del río Magdalena....	806

Figura 274 Rosa de los vientos representativa en el Sector noroccidental.....	806
Figura 275 Rosa de los vientos representativa en el Sector suroccidental.....	807
Figura 276 Balance hídrico estación La Herrera .....	809
Figura 277 Balance hídrico estación Puerto Saldaña.....	810
Figura 278 Balance hídrico estación Incauca.....	811
Figura 279 Balance hídrico estación Cenicaña .....	813
Figura 280 Precipitación media mensual .....	830
Figura 281 Distribución temporal de la temperatura media mensual multianual en el Área de influencia .....	831
Figura 282 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en el Área de influencia .....	832
Figura 283 Precipitación media mensual en la estación.....	833
Figura 284 Distribución temporal de la temperatura media mensual multianual en el Área de Influencia .....	834
Figura 285 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en el Área de influencia .....	834
Figura 286 Precipitación media mensual en la estación.....	836
Figura 287 Distribución temporal de la temperatura media mensual multianual en el Área de Influencia .....	837
Figura 288 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en el área de influencia .....	837
Figura 289 Valores diarios de PST en las estaciones 1, 2 3 y 4.....	845
Figura 290 Valores medios de PST de las estaciones 1, 2, 3 y 4.....	847
Figura 291 Valores Medios Estación 5.....	848
Figura 292 Valores diarios de PM-10 en las estaciones 1, 2, 3 y 4 .....	855
Figura 293 Valores diarios de PM-10 en Estación 5.....	856
Figura 294 valores medios de PM-10 en las estaciones 1, 2 3 y 4.....	857
Figura 295 Valores medios de PM-10 en Estación 5.....	858
Figura 296 Valores diarios de NOx en las estaciones 1, 2, 3 y 4 .....	865
Figura 297 Valores diarios de NOx en la Estación 5 La Herrera. ....	865
Figura 298 Valores diarios de SOx en las estaciones 1, 2, 3 y 4.....	866
Figura 299 Valores diarios de SOx en Estación 5 La Herrera. ....	866
Figura 300Valores medios de NOx de las estaciones 1, 2, 3 y 4 .....	867
Figura 301 Valor Medio NOx Estación 5 Herrera. ....	867
Figura 302 Valores medio de SOx en las estaciones 1, 2, 3 y 4 .....	868
Figura 303 Valor Medio SOx Estación 5 La Herrera.....	868
Figura 304 Ubicación de puntos de ruido ambiental Estaciones 1,2,3 y 4.....	877
Figura 305 Ubicación de puntos de ruido ambiental Estación 5 La Herrera .....	877
Figura 306 Monitoreo de ruido diurno, Estación 1 .....	879
Figura 307 Identificación de componente tonales en el día festivo-diurno, Estación 1 ...	881
Figura 308 Identificación de componente tonales en el día hábil-diurno, estación 1 .....	881
Figura 309 Monitoreo de ruido nocturno, Estación 1.....	883
Figura 310 Identificación de componente tonales en el día hábil-nocturno, Estación 1 ..	885
Figura 311 Identificación de componente tonales en el día hábil-nocturno, Estación 1 ..	885
Figura 312 Monitoreo de ruido diurno, Estación 2.....	886
Figura 313 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 2 .....	889
Figura 314 Monitoreo de ruido nocturno, Estación 2.....	890

Figura 315 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 2 .....	892
Figura 316 Identificación de componentes tonales en el día hábil, Estación 2 .....	892
Figura 317 Monitoreo de ruido diurno, Estación 3.....	893
Figura 318 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 3 .....	896
Figura 319 Identificación de componentes tonales en el día hábil, Estación 3.....	896
Figura 320 monitoreo de ruido nocturno, Estación 3.....	897
Figura 321 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 3 .....	900
Figura 322 Identificación de componentes tonales en el día hábil, Estación 3 .....	900
Figura 323 Monitoreo de ruido diurno, Estación 4.....	901
Figura 324 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 4 .....	904
Figura 325 Monitoreo de ruido nocturno, Estación 4.....	905
Figura 326 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 4 .....	907
Figura 327 Identificación de componentes tonales en el día hábil, Estación 4 .....	907
Figura 328 Monitoreo de Ruido Diurno .....	908
Figura 329 Identificación de componentes tonales día festivo .....	911
Figura 330 Identificación de componentes tonales día hábil .....	911
Figura 331 Monitoreo de Ruido nocturno.....	912
Figura 332 Identificación de componentes tonales día festivo .....	915
Figura 333 Identificación de componentes tonales día hábil .....	915
Figura 334 Lecturas del monitoreo de ruido diurno corregidos.....	918
Figura 335 Lecturas del monitoreo de ruido nocturno corregidas.....	920
Figura 336 Lecturas Monitoreo de Ruido Diurno Corregidos.....	921
Figura 337 Lecturas Monitoreo de Ruido Nocturno Corregidos.....	923
Figura 338 Diagrama metodológico para la obtención de la zonificación geotécnica .....	927
Figura 339 Susceptibilidad a PRM por Litología.....	930
Figura 340 Susceptibilidad a PRM por litología.....	935
Figura 341 Susceptibilidad a PRM por Geomorfología.....	937
Figura 342 Susceptibilidad a PRM por características geomorfológicas .....	940
Figura 343 Susceptibilidad a PRM por Hidrogeología .....	942
Figura 344 Susceptibilidad a PRM por aspectos hidrogeológicos .....	945
Figura 345 Susceptibilidad a PRM por cobertura del suelo .....	946
Figura 346 Susceptibilidad a PRM por cobertura del suelo .....	948
Figura 347 Susceptibilidad a PRM por densidad de fallas o control estructural.....	950
Figura 348 Susceptibilidad a PRM por densidad de fallas o control estructural.....	951
Figura 349 Mapa de sectorización por densidad de drenajes (Km/Km <sup>2</sup> ) .....	956
Figura 350 Susceptibilidad a PRM por densidad de drenajes .....	957
Figura 351 Susceptibilidad a PRM por densidad de drenajes .....	958
Figura 352 Susceptibilidad a PRM por pendientes del terreno.....	960
Figura 353 Susceptibilidad a PRM por pendientes del terreno.....	961
Figura 354 Susceptibilidad por PRM.....	963
Figura 355 Mapa de Susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa .....	964
Figura 356 Susceptibilidad a PRM por precipitación .....	966
Figura 357 Susceptibilidad a PRM por precipitación .....	967
Figura 358 Amenaza sísmica.....	970
Figura 359 Amenaza geotécnica.....	971
Figura 360 Mapa de Zonificación Geotécnica del área de influencia del proyecto .....	972

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) LÍNEA DE TRANSMISIÓN 230 KV.  
TESALIA – ALFÉREZ Y SUS MÓDULOS DE CONEXIÓN ASOCIADOS, OBRAS QUE  
HACEN PARTE DE LA CONVOCATORIA UPME 05 DE 2009**

**ÍNDICE DE FOTOS**

**Pág.**

Foto 1 En la imagen a la izquierda afloramiento del Complejo Icaro (PCAi), en cercanías al municipio de Planadas; en la imagen a la derecha detalle de una anfíbolita de este complejo .....	17
Foto 2 Detalle de una cuarcita del Complejo Icaro (PCAi) y de la mineralización de piroclucita que se presenta en la superficie de una fractura .....	18
Foto 3 Afloramiento de neis hornblendico (GPS MJ27), con alto grado de alteración, Complejo Bolo Azul (PZba), carretera Pradera – vereda Bolo Azul.....	21
Foto 4 Afloramiento del Complejo Cajamarca (PZmc), localizado en la vía que conduce al páramo Meridiano, se observa un detalle de una cuarcita de este complejo.....	22
Foto 5 Afloramiento del Complejo Cajamarca (PZmc), localizado en el cruce del camino de la vereda Bolo Azul con el río Bolo, se observa un detalle de los esquistos negros de este complejo .....	23
Foto 6 Mármol, en la aureola de contacto entre el Batolito de Ibagué (Ji) y la Formación Payandé (Trp) al sur del municipio de Planadas, vía Planadas Gaitania.....	24
Foto 7 Afloramiento de la Formación Saldaña (Js), en la vía Santa María – Gaitania .....	26
Foto 8 Afloramiento donde se pudo observar la relación intrusiva entre el Batolito de Santa Bárbara (PTRcd) y los esquistos del Grupo Cajamarca (Pzc), vía Pradera – Bolo Azul, punto GPS MJ24 .....	27
Foto 9 En la imagen a la izquierda muestra de mano del Batolito de Ibagué (Ji), en la imagen a la derecha detalle de las plagioclasas y las hornblendas, también se observa epidota.....	30
Foto 10 Afloramiento del Batolito de Ibagué (Ji) localizado en la vía de acceso al páramo Meridiano.....	30
Foto 11 Afloramiento de diabasas altamente fracturadas y meteorizadas, talud carretera vereda La Carbonera, punto GPS MJ08 .....	31
Foto 12 Afloramiento de las Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco (Krsqb), al oeste del municipio de Planadas (imagen a la izquierda); laminación planoparalela de las capas de los shales calcáreos que conforman esta unidad (imagen a la derecha).....	36
Foto 13 Panorámica de la unidad Formación Hondita – Formación Loma Gorda (Kh-KI), en contacto con rocas de la Formación Caballos (Kc) .....	38
Foto 14 Panorámica al SE del punto de observación GPS005, que muestra el cambio morfológico entre la Formación Hondita – Formación Loma Gorda (Kh-KI) y la Formación Saldaña (Js) .....	38
Foto 15 Afloramientos en taludes de la vía Yaguara – Iquira: Grupo Olini (Ko) en la imagen a la izquierda, shales calcáreos con delgadas intercalaciones de areniscas de grano fino en la imagen a la derecha.....	40
Foto 16 Afloramiento de la Formación La Tabla (Kt), en talud de la vía Yaguara – Iquira	40
Foto 17 Afloramiento Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt) .....	41

Foto 18 Vista panorámica del contacto entre rocas del Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt) y la Formación Seca (KPgs), GPS 0079.....	42
Foto 19 Arcillolitas de la Formación Seca (KPgs), al sur del municipio de Iquira.....	42
Foto 20 Capas de la Formación Seca (KPgs), buzado hacia el oeste, al sur del municipio de Iquira.....	44
Foto 21 Arcillolitas rojizas que hacen parte de la Formación Seca (KPgs).....	44
Foto 22 Afloramiento de arcillolitas y areniscas, Formación Baché (Pgb) .....	48
Foto 23 Afloramiento Formación Tesalia (Pgt), GPS 014.....	49
Foto 24 Panorámica Formación Potrerillo (Pgpo) .....	50
Foto 25 Panorámica de los frentes estructurales generados por rocas de las formaciones Doima (PgNgd), Potrerillo (Pgpo) y Tesalia (Pgt).....	51
Foto 26 Afloramiento en carretera, Formación Doima (GPS 013) .....	52
Foto 27 Panorámica de los alrededores del sitio donde se proyecta la Subestación Tesalia 230 kV .....	53
Foto 28 Formación Honda (Ngh) en Subestación Tesalia 230 kV y vértice VTATP000....	53
Foto 29 Paisaje de Lomas y colinas, con procesos de reptación, Depósito de Jerusalén (Qjer) .....	55
Foto 30 Páramo Meridiano, depósitos glaciares conformando morrenas frontales y laterales.....	58
Foto 31 Terraza depositacional de origen volcánico recubriendo a la Formación Potrerillo (Pgp) localizada al norte de Iquira.....	59
Foto 32 Conos Aluviales / Abanicos Antiguos (Qca/Qaa), clastos de chert inmersos en una matriz arenosa.....	60
Foto 33 Composición de los bloques del Abanico Aluvial de Iquira (Qca/Qaa) .....	61
Foto 34 Perfil de suelo del Abanico Aluvial de Iquira (Qca/Qaa) .....	61
Foto 35 Perfil de suelo en depósito de abanico aluvial (Qca/Qaa) .....	62
Foto 36 Cobertura de depósitos de ladera sobre rocas sedimentarias de la Formación Seca (KPgs) .....	63
Foto 37 Cobertura de depósitos de ladera en inmediaciones de las Formaciones Caballos (Kc) y Saldaña (Js) .....	64
Foto 38 Depósitos de ladera, parte baja de vértice VTATP06.....	64
Foto 39 Depósitos de ladera (Qc) asociados a desprendimientos de bloques ígneos del Batolito de Ibagué (Ji) .....	65
Foto 40 Terraza aluvial donde se proyecta ubicar la Subestación Tesalia 230 kV .....	74
Foto 41 Afloramiento de areniscas y areniscas conglomeráticas del Grupo Honda (Ngh) 75	
Foto 42 Contacto entre las formaciones Doima (PgNgd), Potrerillo (Pgpo) y Tesalia (Pgt) .....	75
Foto 43 Afloramiento de areniscas y conglomerados, Formación Doima (PgNgd).....	76
Foto 44 Conglomerados de Formación Tesalia (Pgt), susceptibles a erosión en surcos y cárcavas .....	77
Foto 45 Areniscas de la Formación Tesalia (Pgt).....	78
Foto 46 Ubicación vértice VTATP002 (T3N), Formación Tesalia (Pgt).....	78
Foto 47 Conglomerados y areniscas conglomeráticas de la Formación Palermo (Pgp), susceptibles a la erosión en surcos y cárcavas.....	79
Foto 48 Ubicación aproximada del vértice VTATP003 (T5) en el sitio y alrededores predominan rasgos erosivos tipo erosión en cárcavas y suelos desnudos.....	80

Foto 49 Areniscas tobáceas cristalinas, que hacen parte de la Formación Caballos (Kc), de escasa cobertura vegetal, susceptibles a erosión en surcos y deslizamientos superficiales.....	81
Foto 50 Afloramiento de lutitas, Formación Hondita-Loma Gorda (Kh-Kl) .....	82
Foto 51 Contacto Formación Caballos (Kc) y Formación Hondita – Formación Loma Gorda (Kh-Kl) .....	82
Foto 52 Deslizamiento en corte de carretera, en rocas de la Formación Olini-La Tabla (Ko-Kt), GPS 006 .....	83
Foto 53 Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt), afectada en alto grado por pisadas de ganado .....	83
Foto 54 Afloramiento de areniscas, Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt), GPS 02584	
Foto 55 Alrededores del vértice VTATP007 (T28). Contacto entre el Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt), formaciones Hondita –Loma Gorda (Kh-Kl) y Formación Saldaña (Js), GPS 030 .....	85
Foto 56 Depósitos de ladera provenientes de laderas estructurales desarrolladas en el Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt) y la Formación Caballos (Kc), GPS 031 .....	85
Foto 57 Niveles de abanico terraza, PA2-62 (GPS 035) .....	87
Foto 58 Perfil de suelo característico en los suelos residuales del Batolito de Ibagué (Ji)	90
Foto 59 Depósitos de ladera (Qc/Qcd) que cubren suelos residuales del Batolito de Ibagué (Ji) .....	90
Foto 60 Deslizamientos múltiples en la vía Santa María – Gaitania, se evidencia erosión en cárcavas en los depósitos que recubren las laderas .....	91
Foto 61 Afloramiento de areniscas tobáceas, recristalizadas, Formación Saldaña (Js), GPS 055 .....	92
Foto 62 Formación Payandé entre los vértices VTATP025 (T149) - VTATP026 (T154)...	92
Foto 63 Deslizamiento de talud en la vía Planadas - Bilbao producto de la alteración de los gneis del Complejo Ícaro (PCAi ) (imagen a la izquierda); detalle del saprolito de estos gneises (imagen a la derecha).....	93
Foto 64 Laderas en el Batolito de Ibagué (Ji) y cobertura de depósitos glaciales fluvio-glaciares en el vallo del río Hereje .....	94
Foto 65 Bloques heterométricos sobre las laderas ubicados en alrededores del sitio de vértice VATATP039N.....	94
Foto 66 Perfil del suelo tipo saprolito ígneo en el sitio del VTAPF039N (T244).....	95
Foto 67 Cuchilla Peña Negra de relieve fuertemente escarpado (Batolito de Ibagué, Ji), donde se localiza el sitio de torre T248 .....	95
Foto 68 Aspecto rocoso del cerro donde se ubica el sitio de torre T248, en algunos sectores con exposición de suelo residual, (Batolito de Ibagué, Ji).....	96
Foto 69 Bloques rocosos Batolito de Ibagué (Ji), en el sitio del vértice VTAPF039A (T249) .....	96
Foto 70 Geoforma prominente y escarpada ubicada a la derecha del sitio de torre T250	97
Foto 71 Afloramientos del Complejo Metamórfico de Cajamarca (PZmc) en el Páramo Meridiano.....	98
Foto 72 Rocas metamórficas tipo neises y esquistos cuarzo sericíticos pertenecientes al Grupo Cajamarca (PZmc), camino de acceso al páramo .....	98
Foto 73 Geoforma aserrada, de la cuchilla El Serrucho .....	99
Foto 74 Complejo de lagunas y pantanos de origen glaciar, localizado en el páramo Meridiano.....	99

Foto 75 Panorámica vértice R1 = VTAPF039AB (T263) .....	100
Foto 76 Panorámica de la región de Norales localizada adelante del vértice VTAPF039AB (R1 = T263) .....	101
Foto 77 Vista panorámica de la cuenca alta del río Bolo, tomada desde el borde sur oriental en el cierre de la cuenca, donde se ubica el vértice R3A (T278-V2).....	101
Foto 78 Panorámica del relieve de montañas fluvioglaciares en el Páramo de Mendoza, localizado atrás y a la derecha del vértice R3A (T278-V2) .....	102
Foto 79 Panorámica vértice R3 (T272-V2).....	102
Foto 80 Detalles de la ladera donde se ubica el vértice R3A (T278-V2) .....	103
Foto 81 Vertiente nororiental del río Bolo localizada adelante del vértice R3A (T278-V2); la posición de la línea es aproximada.....	104
Foto 82 Vista de la zona donde se localiza el vértice R4 (T281-V2).....	104
Foto 83 Aspectos del depósito fluvioglacial (Qfg) donde se localiza el vértice R4 (T281-V2).....	105
Foto 84 Conglomerado de falla localizado en el camino de acceso al vértice R4 (T281-V2) (punto GPS MJ14) .....	106
Foto 85 Vista panorámica de las laderas que conforman el cañón del río Bolo y de la intensa actividad erosiva que se presenta hasta aproximadamente 300-400 m arriba del nivel del río; la posición de la línea es aproximada .....	107
Foto 86 Vista del sitio donde se localiza el vértice R5 (T286-V2).....	108
Foto 87 Vista del tipo de depósitos superficiales clásticos no consolidados predominante en las laderas de la vertiente nororiental del río Bolo.....	108
Foto 88 Procesos erosivos y de reptación en las laderas a la izquierda y abajo del sitio donde se localiza el vértice R5 (T286-V2).....	109
Foto 89 Panorámica entre los vértices R6 (T288-V2) y R7V (T292-V2), se observa el valle del río Bolo en forma de V aguda profundamente encañonado .....	110
Foto 90 Carretera Pradera – vereda Bolo Azul, requiere de mantenimiento y manejo de derrumbes especialmente en la zona de la vereda Bolo Blanco .....	110
Foto 91 Aspecto del ensanchamiento de la cuenca del río Bolo, en el sector de la vereda Bolo Blanco, la imagen a la izquierda es una vista antes de este cambio .....	111
Foto 92 Vista del valle del río Bolo, aguas abajo del sitio denominado Pedregal .....	112
Foto 93 Vistas del sitio donde se localiza el vértice R6 (T288-V2), las flechas señalan los bloques rocosos observados sobre la ladera .....	112
Foto 94 Afectación por soliflucción plástica (terracetas y patas de vaca) en los terrenos localizados 20 m a la izquierda y por debajo del sitio del vértice R6 (T288-V2) .....	113
Foto 95 Vista tomada hacia el bosque de pinos que se localiza 50 m a la derecha del vértice R6 (T288-V2).....	113
Foto 96 Vista del vértice R7V (T292-V2), en la imagen a la derecha se observan los escalonamientos que presenta el terreno .....	114
Foto 97 Aspecto de la cobertura vegetal que predomina en el vértice R7V (T292-V2) y del cable eléctrico aéreo que pasa por el sitio utilizado para alimentar el cercado.....	115
Foto 98 Afloramiento de un suelo tipo saprolito derivado del Batolito Santa Bárbara (PTRcd), talud de la carretera Pradera – vereda Bolo Azul (GPS MJ23) .....	116
Foto 99 Afloramiento donde se pudo observar la relación entre el Batolito de Santa Bárbara (PTRcd) y los esquistos del Grupo Cajamarca (PZmc) .....	117
Foto 100 Vista del vértice R9V (T303-V2) ubicado en la cima del cerro Los Pinos, de pendiente subhorizontal angosta .....	117

Foto 101 Detalle de la prolongación de la cima del cerro Los Pinos a la derecha del vértice R9V (T303-V2).....	118
Foto 102 Neis hornbléndico, con alto grado de alteración, Complejo Bolo Azul (PZba), afloramiento en talud de la carretera Pradera – vereda Bolo Azul (GPS MJ27) .....	118
Foto 103 Vértice R9VA (T309-V2) con densa cobertura vegetal.....	120
Foto 104 Vista atrás hacia el cerro donde se ubica el vértice R9AV (T309-V2).....	120
Foto 105 Vista del vértice R10V (T312-V2) y visual hacia adelante .....	121
Foto 106 Vista del vértice R11V (T315-V2) y visual hacia adelante .....	122
Foto 107 Afloramiento de diabasas altamente fracturadas y meteorizadas, talud carretera vereda La Carbonera (GPS MJ08).....	123
Foto 108 En el primer plano de la imagen se observa la ladera del cerro donde se ubica el vértice R12V de pendiente moderada a ligeramente inclinada < a 12%.....	124
Foto 109 Las flechas indican el reservorio para el riego de caña del Ingenio Papayal en la vereda El Edén, ubicado 300 m adelante del vértice R12V y la vía Potrerito – El Tablón .....	125
Foto 110 Vista adelante del vértice R12V (T320-V2) .....	126
Foto 111 Cruce con el Río Bolo entre los vértices R12V (T320-V2) y R13V (T325-V2) .	127
Foto 112 Vértice R13V (T325-V2) ubicado en un abanico aluvial moderadamente inclinado, irregular .....	127
Foto 113 Vértices R14V (T338-V2), imagen a la izquierda y R16V = T342 imagen a la derecha, se ubican en abanicos aluviales (Qca/Qaa)de pendiente plana .....	128
Foto 114 Perfil de suelo de plano aluvial, río Las Cañas (GPS 166).....	129
Foto 115 Vista atrás y delante de los vértices R14V (T338-V2) y R15 (T350-V2) .....	129
Foto 116 Panorámica y sitio de torre vértice R16 (T359-V2 = T342).....	130
Foto 117 Depósitos aluviales (Qal) asociados a suelos blandos observados en depósitos aluviales (Qal) menores, no cartografiables por su magnitud (GPS 171) .....	130
Foto 118 Depósito aluvial arcillo arenoso, en terrenos planos, muy homogéneos (GPS 173 y 174) .....	131
Foto 119 Perfil de suelos y forma de clastos superficiales en depósito coluvio aluvial (Qca/Qaa).....	132
Foto 120 Perfil de suelo en depósito coluvio aluvial (Qca/Qaa), GPS 167 .....	133
Foto 121 Suelos en vértice VTAF046B (T406) .....	134
Foto 122 Perfil de suelo, alrededores del vértice VTAF047 (T408), GPS 176.....	134
Foto 123 Vega del valle aluvial del río Páez .....	219
Foto 124 Sobrevega del Valle Aluvial del río Cauca .....	220
Foto 125 Terraza depositacional de origen volcánico (LS21-89d) en paisaje de Lomas Estructurales – Erosionales .....	222
Foto 126 Montañas estructurales erosionales (MS1-62f) .....	223
Foto 127 Barras Homoclinales.....	223
Foto 128 Relieve de Filas, vigas y crestas ramificadas en un paisaje de Montañas Estructurales – Erosionales .....	224
Foto 129 Relieve de colinas en paisaje de Montañas Estructurales – Erosionales .....	224
Foto130 Lomas y Colinas en paisaje de Montañas Estructurales – Erosionales (MS36-62e) .....	225
Foto 131 Filas, vigas y crestas ramificadas en Montañas Fluvio Erosionales (MÑ34-62e,f,fg) .....	226

Foto 132 Abanico aluvial en piedemonte de la vertiente occidental de la Cordillera Central (PA2-37a) .....	229
Foto 133 Erosión en patas de vaca, municipio Tesalia (vereda Alto de La Hocha) .....	231
Foto 134 Eriales en rocas sedimentarias de la Formación Palermo.....	231
Foto 135 Erosión en surcos sobre deslizamiento en carretera.....	232
Foto 136 Deslizamientos de gran magnitud sobre la carretera Planadas - Herrera.....	233
Foto 137 Paisaje en inmediaciones del río Páez, alrededores del predio para la Subestación Tesalia 230 kV.....	234
Foto 138 Alrededores del predio para la Subestación Tesalia 230 kV .....	234
Foto 139 Erosión tipo en alrededores del predio para la Subestación Tesalia 230 kV ...	235
Foto 140 Alineamiento entre VTATP001 (T1) -VTATP002 (T3N), por barras homoclinales en montañas estructurales erosionales (MS7-110 y MS7-111) .....	236
Foto 141 GPS014. Montañas estructurales erosionales de alta susceptibilidad a cárcavas y deslizamientos .....	237
Foto142 Laderas de buzamiento (MS7-110) en rocas de las formaciones Tesalia (Pgt) y Potrerillo (Pgpo).....	237
Foto 143 Vértice VTATP003 (T5). Barras homoclinales en paisaje de montañas estructurales erosionales (MS7-110) .....	238
Foto144 Laderas escarpadas en vertiente NW del vértice VTATP004 (T10) .....	239
Foto145 Depósitos de ladera sobre parte media de la ladera NW, donde se ubica el vértice VTATP004 (T10) .....	239
Foto 146 Relieve de montañas estructurales – erosionales (MS7-111e), al este de VTATP005 (GPS 002) .....	240
Foto 147 Al fondo lomas y colinas en paisaje de Montañas Estructurales Erosionales (MS7-111e), afectada por pisadas de vaca en alto grado, sobre laderas al W del VTATP05 (GPS 004).....	240
Foto 148 Paisaje de montañas estructurales erosionales al norte de VTATP05 (GPS 001) .....	241
Foto 149 Ubicación de VTATP05 (GPS 004) .....	241
Foto 150 Relieve de montañas estructurales erosionales en rocas sedimentarias, MS7-111 (GPS 026), T23.....	242
Foto 151 Panorámica de depósitos de ladera en montañas estructurales erosionales (GPS 024) .....	242
Foto152 Alrededores de VTATP006 (T23), GPS 026.....	243
Foto 153 Ubicación Vértice VTATP006 (T23), GPS 026 .....	243
Foto 154 Panorámica desde el VTATP007 (T28) hacia VTATP 008 (T33) y VTATP009 (T36).....	244
Foto 155 Ubicación de VTATP007 (GPS 030) .....	244
Foto 156 Panorámica desde el VTATP008 (T33) hacia el VTATP009 (T36).....	245
Foto 157 Vértice VTATP008 (T33), GPS 032 .....	245
Foto 158 Niveles de abanico terraza, PA2-62 (GPS 035) .....	246
Foto 159 Socavación en taludes del abanico de Íquira (GPS 035).....	247
Foto 160 Relieve de Lomas y colinas en montañas estructurales erosionales, MS36-62 (GPS 037).....	247
Foto 161 Terrenos afectados por sobrepastoreo, deslizamientos y erosión en surcos (GPS037).....	248

Foto 162 Relieve de Lomas estructurales erosionales (MS36-62) en rocas de la Formación Palermo (Pgp) en contraste con Montañas fluvio erosionales del Jurásico (Ji), GPS 038.....	248
Foto 163 Panorámica que muestra la susceptibilidad a deslizamientos y erosión en laderas de lomas estructurales erosionales (MS36-62), GPS 040 .....	249
Foto 164 Paisaje de loma estructural erosional (LS21-89d), de cima amplia, ligeramente ondulada.....	249
Foto 165 Cima muy amplia y ligeramente inclinada, que parece corresponder a una terraza volcánica, GPS042 .....	250
Foto 166 Panorámica de montañas fluvio erosionales (MÑ34-62) en rocas del Batolito de Ibagué (Ji).....	250
Foto 167 Panorámica de Montañas estructurales erosionales, MS34-62 (Formación Saldaña, Js) y Montañas fluvio erosionales, MÑ34-62 (Batolito de Ibagué, Ji).....	251
Foto 168 Panorámica al E, muestra relieve de filas, vigas y crestas ramificadas en Montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), GPS050 .....	251
Foto 169 Panorámica al norte, muestra el contraste morfológico entre Montañas estructurales erosionales (MS34-62) y montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), GPS050 .....	252
Foto 170 Ubicación de Vértice VTATP015 (T71), GPS050 .....	252
Foto 171 Deslizamiento inactivo sobre ladera ubicada en costado sur de VTATP015, T71 (GPS050).....	253
Foto 172 Filas, vigas y crestas ramificadas en paisaje de Montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), GPS 051 .....	253
Foto 173 Ubicación aproximada de VTATP016 (T86), en depósitos de ladera en montañas fluvio erosionales .....	254
Foto 174 Cárcavas ubicadas aproximadamente a 30 m ladera arriba del VTATP016 (T86) .....	254
Foto 175 Lomas y colinas que hacen parte del paisaje de Montañas fluvio erosionales en rocas intrusivas del Batolito de Ibagué (MÑ36-62), GPS 052.....	255
Foto 176 Ubicación vértice VTATP022 (T133).....	255
Foto 177 Montañas estructurales erosionales, en inmediaciones del VTATP024 (T147), GPS 055.....	256
Foto 178 Filas, vigas y crestas en montañas estructurales erosionales (MS34-62), de alta susceptibilidad a movimientos en masa (GPS 056) .....	256
Foto 179 Ubicación del vértice VTATP024 (T147), GPS 054 .....	257
Foto 180 Costado norte del VTATP024 (T147), GPS 054.....	257
Foto 181 Panorámica al W, relieve de filas, vigas y crestas ramificadas de montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), GPS 072 .....	258
Foto 182 Montañas fluvio erosionales en rocas del Batolito de Ibagué, GPS 082.....	258
Foto 183 Zonas afectadas por pisadas de ganado y deslizamientos, GPS 083 .....	258
Foto 184 Montañas fluvio erosionales en rocas del Batolito de Ibagué (Ji), GPS 089....	259
Foto 185 Despegue del terreno por efecto de sobrepastoreo, al fondo sobrepastoreo característico en las montañas fluvio erosionales de este sector (GPS 089) .....	259
Foto 186 Ubicación VTATP030, T175 (GPS 089).....	260
Foto 187 Sitio recomendado para reubicar el VTATP030, T175 (GPS 089).....	260
Foto 188 Sitio recomendado para reubicar el VTATP030 (T175) (GPS 089) .....	261
Foto 189 Ubicación del VTATP032, T189 (GPS 126) .....	261

Foto 190 Ubicación del vértice VTATP032, T189 (GPS 126).....	262
Foto 191 Valle aluvial intramontano, MN44-62 (GPS 145).....	263
Foto 192 Ubicación de Vértice VTATP036 (T210) (GPS 145).....	263
Foto 193 Montañas fluvio erosionales en rocas del Batolito de Ibagué (Ji), en los dos flancos del valle del río Hereje .....	264
Foto 194 Geoformas glaciáricas en el Páramo Meridiano, localizadas en alrededores del sitio del vértice VATATP039AB = R1 = T263 .....	265
Foto 195 Geoforma aserrada, de la cuchilla El Serrucho .....	265
Foto 196 Complejo de lagunas y pantanos de origen glaciar, localizado en el páramo Meridiano.....	266
Foto 197 Panorámica del relieve de montañas fluvio-glaciares en el Páramo de Mendoza, localizado atrás y a la derecha del vértice R3A (T278-V2).....	268
Foto 198 Vista panorámica de la cuenca alta del río Bolo, tomada desde el borde sur oriental en el cierre de la cuenca, donde se ubica el vértice R3A (T278-V2).....	268
Foto 199 Detalles de la ladera donde se ubica el vértice R3AV (T278-V2) .....	269
Foto 200 Montañas fluvio-glaciares localizadas atrás y a la derecha del vértice R3AV (T278-V2); la posición de la línea es aproximada .....	269
Foto 201 Vista de la zona donde se localiza el vértice R4V (T281-V2) .....	270
Foto 202 Aspectos del depósito fluvio-glaciar (Qfg) donde se localiza el vértice R4V (T281-V2).....	270
Foto 203 Actividad morfodinámica tramos T282-V2 – T299-V2 .....	271
Foto 204 Cañón del río Bolo Blanco con intensa actividad erosiva (posición de la línea aprox.) .....	272
Foto 205 Afectación por solifluxión plástica (terracetas y patas de vaca) 20m abajo del sitio del vértice R6V (sitio de torre 288-V2) .....	272
Foto 206 Vista del vértice R9V (sitio de torre 303-V2), cima del cerro Los Pinos .....	273
Foto 207 Vista del vértice R11V (T315-V2).....	273
Foto 208 Vértice R13V (sitio de torre 325-V2), en abanico aluvial moderadamente inclinado .....	274
Foto 209 Paisaje de Piedemonte aluvial, con relieve de abanicos aluviales (PA2-37), GPS 162 .....	275
Foto 210 Paisaje de Piedemonte aluvial, relieve de abanicos aluviales (PA2-37), GPS 164 .....	275
Foto 211 Al fondo, cambio morfológico hacia el E, donde la pendiente se hace ligera a moderadamente inclinada (5-7%), GPS 167 .....	276
Foto 212 Relieve moderadamente inclinado (10%), GPS 168 .....	276
Foto 213 Plano aluvial río Las Cañas (GPS 165).....	276
Foto 214 Río Las Cañas .....	277
Foto 215 Ubicación VTAF A042N (T354), GPS 171 .....	278
Foto 216 Ubicación VTAF A043N (T360), GPS 172 .....	278
Foto 217 Ubicación VTAF A044N (T380), GPS 173 .....	279
Foto 218 Ubicación 130 m al SE del vértice VTAF A045 (T385), GPS 173.....	279
Foto 219 Ubicación de Vértice VTAF A046 (T400), GPS 178 .....	280
Foto 220 Ubicación de Vértice VTAF A046A (T404), GPS 177 .....	280
Foto 221 Ubicación vértice VTAF A046B (T406), GPS 175 .....	281
Foto 222 Vértice VTAF A047 (T408), GPS 176.....	281
Foto 223 (EP) Explotación Pecuaria .....	330

Foto 224 (EA) Explotación Agrícola .....	331
Foto 225 (CS) Conservación.....	331
Foto 226 (DR) Descanso o Recuperación Natural .....	332
Foto 227 (EPPR) Protección y Explotación Pecuaria .....	333
Foto 228 (PP) Protección.....	334
Foto 229 (UR) Urbano .....	334
Foto 230 (ND) Sin Uso Determinado .....	335
Foto 231 Vista panorámica del río Páez, vía La Plata – Puerto Valencia .....	356
Foto 232 Vista panorámica del cauce del río Pance .....	356
Foto 233 Vista panorámica del cauce del río Meléndez .....	357
Foto 234 Vista del río Desbaratado, cerca al sitio de cruce.....	358
Foto 235 Vista del río Fraile, sector Miranda y Florida (Valle): Aguas arriba .....	358
Foto 236 Vista del río Palo, Bocatoma microcentral hidroeléctrica del río Palo .....	359
Foto 237 Vista del cauce del río Bolo.....	360
Foto 238 Vista panorámica del cauce del río Cauca, cerca de la zona de cruce.....	360
Foto 239 Vista panorámica del sitio cauce del río Saldaña .....	361
Foto 240 Vista panorámica del río Ata, paso por la localidad de Santiago Pérez.....	362
Foto 241 Vista del cauce del río Baché.....	362
Foto 242 Vista general del cauce del río Pedernal-Yaguará .....	363
Foto 243 Vista panorámica del cauce del río Magdalena, cerca al sitio de la presa.....	364
Foto 244 Río Iquirá .....	452
Foto 245 Quebrada Pedernal.....	456
Foto 246 Río Bache .....	461
Foto 247 Quebrada el Nilo .....	465
Foto 248 Río Claro.....	471
Foto 249 Q. Montalvo. ....	477
Foto 250 Río Siquila. ....	483
Foto 251 Río Hereje.....	488
Foto 252 Q. Bejuquero.....	494
Foto 253 Quebrada El Triunfo.....	500
Foto 254 Quebrada la Represa, Quebrada El Quebradon y Quebrada La honda. ....	505
Foto 255 Arroyo La Holanda 1, Quebrada El Paso y Laguna Linda. ....	512
Foto 256 Quebrada La Cascada, Q. El Auxilio, Ciénaga El Purgatorio .....	527
Foto 257 Quebrada El Purgatorio, Laguna Patio Bonito Y La Turbera .....	535
Foto 258 Quebrada Oriente. ....	541
Foto 259 Río Bolo y Quebrada Nogal. ....	546
Foto 260 Quebrada Salsipuedes y Quebrada Párraga.....	550
Foto 261 Nacimiento Torre 63, Torre 94, Subterránea La Herrera.....	554
Foto 262 Uso de agua para consumo pecuario a través de jagüey.....	664
Foto 263 Uso de jagüey para consumo pecuario .....	665
Foto 264 Captación directa para consumo humano a través de manguera.....	666
Foto 265 Captación directa para consumo humano a través de manguera sumergida ..	668
Foto 266 Estructuras para abastecimiento de acueducto vereda, bocatoma de fondo...	669
Foto 267 Captación directa para consumo humano a través de manguera.....	669
Foto 268 Captación directa para consumo Humano a través de manguera lateral. ....	671
Foto 269 Estructuras de captación para uso de proyectos piscícolas .....	671
Foto 270 Estructuras de captación para uso de generación de energía.....	672

Foto 271 Estructuras de captación para consumo humano y pecuario en el nacimiento.	680
Foto 272 Estructuras de captación para uso de cultivos a través de manguera en la quebrada Tamboral. ....	680
Foto 273 Estructuras de captación para riego de cultivo de caña a través de reservorio. ....	681
Foto 274 Estructuras de captación para riego de cultivos de caña.....	682
Foto 275 Estructuras de captación para riego de cultivos de caña.....	683
Foto 276 Estructuras de captación para uso de riego de caña.....	684
Foto 277 Reservorio de Agua -1. ....	704
Foto 278 Reservorio de Agua -2. ....	704
Foto 279 Reservorio de Agua -3. ....	705
Foto 280 Reservorio de Agua -4. ....	706
Foto 281 Reservorio de Agua - 5. ....	706
Foto 282 Reservorio de Agua - 6. ....	707
Foto 283 Reservorio de Agua - 7. ....	708
Foto 284 Reservorio de Agua - 8. ....	708
Foto 285 Nacedero 1 .....	750
Foto 286 Nacedero 2 .....	750
Foto 287 Nacedero 3 .....	751
Foto 288 Nacedero 4 .....	751
Foto 289 Nacedero 5 .....	751
Foto 290 Ubicación de la Estación 1, Varas Mesón .....	821
Foto 291 Ubicación de la Estación 2, El Diamante.....	821
Foto 292 Ubicación de la Estación 3, La Ortiga .....	822
Foto 293 Ubicación de la Estación 4, Candelaria-Tiple Abajo .....	822
Foto 294 Ubicación de la Estación 5, La Herrera - Rio Blanco.....	823
Foto 295 Puntos de monitoreo de calidad de aire, Estaciones 1,2,3 y 4 .....	824
Foto 296 Puntos de monitoreo de calidad de aire, Estación 5 La Herrera.....	824
Foto 297 Estación 1, Panorámica de la zona muestreada .....	825
Foto 298 Estación 2, Panorámica de la zona muestreada .....	826
Foto 299 Estación 3, Panorámica de la zona muestreada .....	826
Foto 300 Estación 4, Panorámica de la zona muestreada .....	827
Foto 301 Estación 5, Panorámica de la zona muestreada .....	828
Foto 302 Parque Los Fundadores.....	1012
Foto 303 Centro recreacional Comfenalco Valle del Lili .....	1012
Foto 304 Centro recreacional y pesca deportiva Lusitania .....	1013
Foto 305 Reserva Natural Nirvana.....	1013
Foto 306 Laguna La Bonita y Serranía del Serrucho.....	1014
Foto 307 Parque Nacional Nevado del Huila (desde el sur occidente).....	1014

### 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

#### 3.2 MEDIOABIÓTICO

##### 3.2.1 Geología

El desarrollo morfológico de una región está condicionado por su evolución geológica entendida como su composición litológica, el tectonismo y los agentes denudativos que ha sido sometida, y combinados estos factores, se tienen como resultado las formas particulares de cada zona; bajo este concepto, se exponen en este capítulo las formaciones geológicas que afloran a nivel regional, los principales rasgos estructurales, las amenazas naturales y procesos de remoción en masa, que afectan el área de influencia del proyecto.

##### 3.2.1.1 Área de influencia indirecta

El área de influencia indirecta de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230kV, inicia al suren la Subestación Tesalia 230kV (municipio de Tesalia en el departamento del Huila) localizada en el Valle Superior del Magdalena, asciende por la vertiente oriental de la Cordillera Central hasta alcanzar su eje (en el departamento del Tolima) y luego desciende por la vertiente occidental, para llegar a los depósitos aluviales que conforman el valle del río Cauca, donde se localiza la Subestación Alférez 230kV, en el municipio de Cali.

##### • Unidades Geoestructurales

De acuerdo con lo anterior, se pueden definir tres (3) grandes unidades geoestructurales, cuyas características son las siguientes:

##### **Valles superior del Magdalena**

El valle superior del Magdalena presenta una compleja evolución geológica, con la formación de un graben por tectónica distensiva (Mojica & Franco, 1990)<sup>1</sup>, a finales del Paleozoico e inicios del Triásico (Villarreal & Mojica, 1987)<sup>2</sup>. La morfología de esta depresión fue larga y angosta, con umbrales y depresiones transversales que permitieron que en el Triásico-Jurásico por la continua subsidencia, se presentara la deposición de sedimentos marinos que dieron origen a la Formación Payandé (Trp). Durante el Jurásico se dieron las condiciones adecuadas para el desarrollo de un fuerte vulcanismo en un ambiente continental; este evento está representado en el registro litológico por la Formación Saldaña (Js) y se caracteriza por ser inicialmente, de composición básica, posteriormente intermedia y, por último, de carácter ácido<sup>3</sup>.

1 Mojica & Franco, 1990. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

2 Villarreal & Mojica, 1987. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

3 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

Del Jurásico tardío y el Cretácico temprano no existió registro litológico, lo que se sugiere que en ese momento se presentó una fuerte erosión de las unidades existentes y acumulación de sedimentos<sup>4</sup>.

En el Cretácico temprano se reporta una transgresión marina, hasta alcanzar un ambiente de plataforma somera, con condiciones reductoras a comienzos del Cretácico tardío, época en la cual se reporta una regresión marina; asociados a estos eventos afloran en el área de influencia del proyecto, las formaciones Caballos (Kc) y Hondita-Loma Gorda (Kh-Kl)<sup>5</sup>.

Las primeras fases de la transgresión marina están representadas por los conglomerados y arenitas de la Formación Caballos (Kc). La subsidencia continuada de la cuenca permitió el depósito de sedimentos finos orgánicos de mayor profundidad y el nuevo retroceso del mar está marcado por el Grupo Olini-Formación Loma Gorda (Ko-Kl), con arenitas fosfóricas asociadas. Las cuarcas y arenitas pertenecientes a la Formación La Tabla (Kt) son características de la última etapa de retroceso final del Cretácico tardío. El espesor de cada una de estas unidades en el área de influencia del proyecto es delgado, en comparación con los medidos en otros sectores de la cuenca del Valle Superior del Magdalena, lo que indica que esta zona ahizó parte de un borde de la cuenca<sup>6</sup>.

El límite Cretácico-

Paleógeno está representado litológicamente en la Formación Seca (KPgs), la cual registra el cambio de un medio de depósito marino a uno continental (Velandia et al., 1996)<sup>7</sup>. De acuerdo con Irving (1971, en Velandia et al., 1996)<sup>8</sup>, esta regresión se puede asociar con el levantamiento de la Cordillera Occidental y el emplazamiento de batolitos en la Cordillera Central<sup>9</sup>.

Desde el Eoceno comienza el levantamiento cíclico de la Cordillera Central, cuyos pulsos se registran con los depósitos molásicos de la Formación Doima (Pgngd) y el Grupo Chicoral, conformado por las Formaciones Tesalia (Pgt), Baché (Pgb) y Palermo (Pgp). Los depósitos conglomeráticos de las formaciones Palermo (Pgp), Tesalia (Pgt) y Doima (Pgngd), representan pulsos de mayor levantamiento de la Cordillera Central y acumulación sintectónica, mientras las formaciones Baché (Pgb) y Potrerillo (Pgp) son el reflejo de períodos de relativa calma tectónica (Anderson, 1972)<sup>10</sup>.

El Grupo Honda (Ngh) del Mioceno, evidencia el continuo levantamiento de la Cordillera Central, y pone en manifiesto el comienzo de otra fase de volcanismo en esta Cordillera.

Terminando el Plioceno y a comienzos del Pleistoceno, se incrementó la actividad volcánica explosiva en la Cordillera Central y se generaron flujos ignimbríticos y lahares, con flujos de lodo originados

4Ibíd.

5 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

6 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

7 Velandia et al., 1996. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

8 Irving (1971, en Velandia et al., 1996). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

9 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

10 (Anderson, 1972). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

ospor fusión de glaciales, correspondientes a Abanicos Antiguos (Qca/Qaa) de origen fluvio volcánico.

Las terrazas más bajas son las actualmente formadas por los ríos principales. Están producto de la erosión de terrazas (Qt) y el posterior depósito en los márgenes actuales de los ríos. Algunos de estos depósitos cuaternarios han sido afectados por actividad neotectónica, especialmente asociada a las fallas de Macamay Los Frailes en la cuenca del río Paez<sup>11</sup>.

### **Cordillera Central<sup>12</sup>**

El análisis de la evolución geológica de la Cordillera Central, corresponde a la propuesta de Irving (1971), París & Marín (1979), González (1980), Toussaint & Restrepo (1982), Álvarez (1983), McCourt (1984), Orrego & París (1991), Restrepo-Pace (1992) y Nivia et al. (1996)<sup>13</sup>, la cual explica la evolución tectónica, eventos polimetamórficos y ambientes de depósito de las rocas que constituyen la Cordillera Central, desde el Paleozoico al reciente (Figura 1).

En el área de influencia del proyecto, la Cordillera Central está representada en el Precámbrico por el Complejo Icarcó (PCai) en el municipio de Planadas. Los movimientos durante el Precámbrico fueron esencialmente epigénicos y condicionaron el paisaje tectónico para la deposición de secuencias epicontinentales y geosinclinales posteriores (Álvarez, 1983)<sup>14</sup>.

El Paleozoico está registrado en las rocas volcánicas sedimentarias que conforman el núcleo de la Cordillera Central, que comprende el Complejo Cajamarca (PZmc) en el eje de la cordillera y en el flanco occidental el Grupo Bugaláng grande (Pzb) y el Complejo Bolo Azul (PZba).

Las características del Complejo Cajamarca (PZmc) indican que se formó muy cerca al continente, sobre él. McCourt (1984)<sup>15</sup> reconoce al interior de la Cordillera Central un cinturón metamórfico del Paleozoico inferior, compuesto por anfíbolitas, esquistos grafiticos, rocas metabásicas y esquistos cuarzosos, y lo interpreta como de una zona de subducción, afectada por diferentes eventos metamórficos regionales-dinámicos y por eventos intrusivos; este cinturón está representado en el área de influencia del proyecto por las rocas ígneas del Complejo Bolo Azul (Pzba)<sup>16</sup>; indicadores de remanentes de arcos.

---

11 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

12 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 343 Silvia. Memoria Explicativa. Bogotá, 1993.

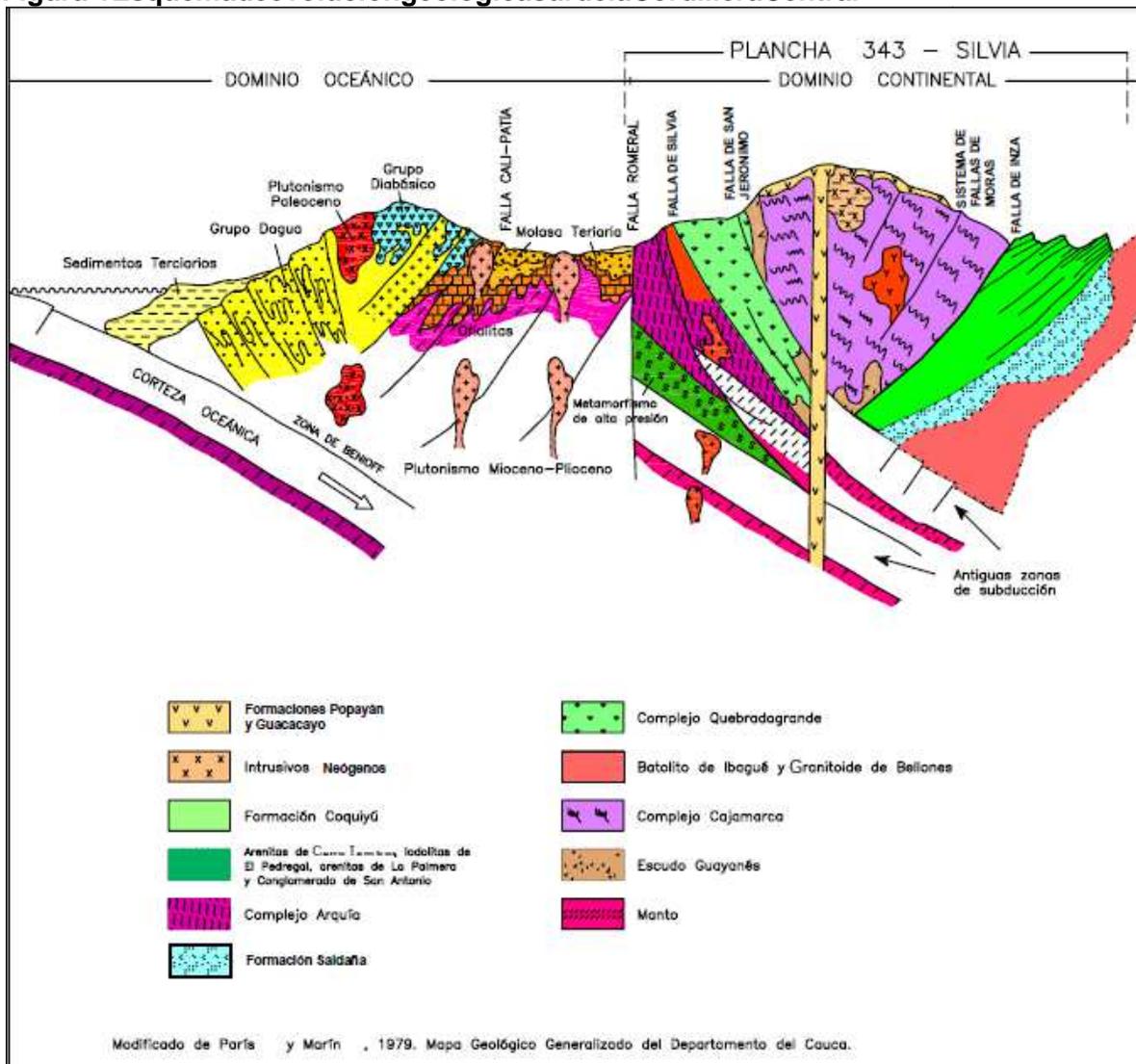
13 Irving (1971), París & Marín (1979), González (1980), Toussaint & Restrepo (1982), Álvarez (1983), McCourt (1984), Orrego & París (1991), Restrepo-Pace (1992) y Nivia et al. (1996). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 343 Silvia. Memoria Explicativa. Bogotá, 1993.

14 Álvarez, 1983. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 343 Silvia. Memoria Explicativa. Bogotá, 1993.

15 McCourt (1984). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 343 Silvia. Memoria Explicativa. Bogotá, 1993.

16 Orrego & París, 1991. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 343 Silvia. Memoria Explicativa. Bogotá, 1993.

**Figura 1 Esquema de evolución geológica sur de la Cordillera Central**



Fuente: INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 343 Silvia. Memoria Explicativa. Bogotá, 1993. Figura 32

En el Paleozoico tardío, la secuencia miogeosinclinal fue acrecionada como un bloque continental a lo largo de la zona de falla Moras-San Jerónimo. Durante el episodio de subducción-acreción, la secuencia completa fue afectada por metamorfismo resultando en capas paralelas de media a baja presión, así como la zona de falla Moras-San Jerónimo representaría una sutura Paleozoica, reactivada durante el Cretácico, como parte de un metamorfismo progresivo de la serie de facies de alta presión y baja temperatura (Orrego & París, 1991)<sup>17</sup>.

<sup>17</sup>ibíd.

#### EI Triásico–

Jurásico se caracteriza por actividad magmática de composición intermedia a ácida, representada por el Batolito de Santa Bárbara (PTRcd) y por el Batolito del bagué (Ji) acompañada por el levantamiento de la Cordillera Central. Siguiendo la actividad orogénica de la Cordillera Central, un nuevo régimen de subducción fue establecido al oeste del bloque continental Paleozoico; la actividad magmática asociada con este sistema de subducción, dio como resultado el emplazamiento de una serie de batolitos y plutones dentro de los esquistos; el borde continental activo fue afectado por un período de tectonismo durante el cual el Batolito del bagué (Ji) sufrió deformación y las capas metamórficas paleozoicas fueron acuñadas y extendidas a lo largo de las fallas paralelas al margen continental (McCourt et al., 1984)<sup>18</sup>.

Durante el Cretácico temprano se presentó un segundo período de acreción, donde la secuencia de episodios oceánicos, depositada en el Mesozoico temprano, fue acrecionada a la Cordillera Central al largo de las fallas San Jerónimo y Silvia-Pijao. En el oriente de la Cordillera Central, a partir del Albiano, hubo una transgresión marina y una edimentación tranquila en el miogeosinclinal, hasta finales del Campaniano (Bürgl, 1967), caracterizada en el área de influencia del proyecto, por la presencia de las areniscas y lutitas de la Formación Caballos (Kc).

#### En el Paleógeno-

Neógeno, en la parte oriental central de la Cordillera Central, se presentó un nuevo ciclo plutónico subsecuente y paralelo al sistema de subducción, representado por los stocks de Mosoco (Nmo), Piñatayó (Npi) y El Pisno (Nep), de estos los que afloran en el área de influencia del proyecto se presentan unificados como Rocas Hipoabisales (Tad).

Durante el Plioceno la actividad volcánica aportó gran cantidad de derrames eruptivos y piroclastos hacia ambos flancos de la Cordillera Central, a partir de la extinta caldera de Gabriel López; evento posiblemente favorecido en parte por la tectónica de distensión de las fallas de Moras Estey Oeste.

En el Cuaternario, los cambios climáticos, el levantamiento de la Cordillera Central y alguna actividad volcánica, contribuyeron a la formación de flujos piroclásticos y de escombros, también a la acumulación de depósitos fluvioglaciares (Qfg), originados por el retrabajamiento de los depósitos morrénicos debido a la acción erosiva de los ríos que presentan sus mejores exposiciones en la cuenca hidrográfica del río Hereje–Páramo Meridiano y del río Bolo, cuchilla–Páramo de Mendoza; finalmente se tienen los depósitos coluviales (Qc) que recubren en poca extensión diferentes sectores del área de influencia (All), así como los aluviones que hoy rellenan los cauces de los ríos principales.

### **Valle aluvial del río Cauca<sup>19</sup>**

La fase tectónica del valle alto del río Cauca se desarrolló durante el Cretácico inferior o antes; en él se depositaron sedimentos de aguas muy profundas y materiales silíceos (Barrero, 1979)<sup>20</sup>. Esta

18 McCourt et al., 1984. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 343 Silvia. Memoria Explicativa. Bogotá, 1993.

19 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – UNIVERSIDAD DEL VALLE. Entorno Geológico y Geomorfológico del río Cauca. <http://190.97.204.39/cvc/RecursoHidrico/documentos/RioCauca/2-EntornoGeologicoGeomorfologico.pdf>.

cuenca evolucionó hasta constituirse en una zona volcánica de dorsal, a lo largo de la cual fueron expulsadas grandes cantidades de magmas basálticos, pobres en sílice, que conforman el grueso de la Cordillera Occidental.

Geológicamente el margen oeste del bloque levantado en la Cordillera Central, corresponde a las rocas ígneas efusivas y sedimentarias de los periodos Jurásico, Cretácico y Terciario. El bloque elevad de la Cordillera Occidental se compone básicamente de rocas ígneas básicas, metasedimentarias y sedimentarias volcánicas marinas. En el borde oriental se desarrollaron discordantemente sobre el basamento, rocas sedimentarias terciarias de origen continental e intrusiones ígneas de Terciario superior, fuertemente plegadas y falladas por tectonismo, que desencadenó una actividad intrusiva.

Durante el Cretácico superior sucedieron fuerzas compresivas debido a movimientos de la placa oceánica sobre el continente levantando la Cordillera Occidental en un período orogénico denominado Orogenia Calima (Barrero, 1979)<sup>21</sup>; sincrónicamente se emplazaron plutones básicos y ultrabásicos a lo largo del borde oriental de la Cordillera Occidental, como el de Bolívar (Valle del Cauca). La cordillera se levantó como una zona positiva, lo que permitió que en la antigua fosatectónica se depositaran sedimentos costeros y lagunares, con presencia de yacimientos hulleros en el Terciario inferior, época en la cual se realizó el levantamiento general de los Andes (período conocido como Orogenia Andina), debido al empuje de la placa oceánica contra el continente, plegando los estratos terciarios.

Esta etapa fue seguida por la iniciación de un período de intenso vulcanismo de carácter andesítico, a partir de cuyos materiales se constituyeron en grandes extensiones de capa transportadas con características volcánicas sedimentarias. Posteriormente, las estribaciones sometidas a meteorización y erosión, transportaron y depositaron los sedimentos que rellenaron la fosatectónica del Cauca, acentuado por la deglaciación, y constituyendo un gran depósito de gravas, arenas y arcillas.

La fosatectónica del valle hundido tiene un basamento de ofiolítico y rocas volcánicas, sobre el cual reposan rocas sedimentarias continentales terciarias. El centro del valle del río Cauca está compuesto por un amplio y grueso relleno aluvial cuaternario, formado por enormes conos aluviales coalescentes que descienden de las dos cordilleras debido a la actividad tectónica, y depósitos aluviales desarrollados por el mismo río Cauca y sus tributarios.

La fosatectónica limitada al oriente por el sistema de fallas de Romera y al occidente por el sistema de fallas Cauca. Posterior a estos levantamientos se inició un período de intensa erosión que conllevó a la formación de las unidades sedimentarias subcadas en la parte más baja de la Cordillera Central. Se supone que con posterioridad se generaron nuevos movimientos de tipo distensivo que produjeron el hundimiento de un bloque, el cual fue rellenado con material aluvial procedente de ambas cordilleras. El mayor aporte de material aluvial proviene de la Cordillera Central, lo cual hizo que el cauce del río Cauca se recostara hacia las estribaciones de la Cordillera Occidental, caracterizado por una menor longitud y aporte de sedimentos.

---

20 Barrero, 1979. Tomado de CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – UNIVERSIDAD DEL VALLE. Entorno Geológico y Geomorfológico del río Cauca. <http://190.97.204.39/cvc/RecursoHidrico/documentos/RioCauca/2-EntornoGeologicoGeomorfologico.pdf>.  
21 Ibíd.

- **Unidades litológicas**

La cartografía geológica parti6 del informaci6n contenida en el Diagn6stico Ambiental de Alternativas de la L6nea Tesalia–Alf6rez 230 kV el cual se fundament6 en la compilaci6n y an6lisis de informaci6n reportada por INGEOMINAS en las siguientes planchas geol6gicas y memorias explicativas: Plancha 344 Tesalia; Plancha 345 Campoalegre, Plancha 322 Santa Mar6a; Plancha 323 Neiva; Plancha 301 Planadas; Plancha 300 Cali, todas en escala 1:100.000.

A trav6s de la interpretaci6n realizada en las im6genes y fotograf6as a6reas del IGAC, que se relacionan en la Tabla 1 y en la Tabla 2 disponibles para el proyecto y en las im6genes LiDAR suministradas por la EEB, se realiz6 siempre que las im6genes lo permitieron, la validaci6n de contactos litol6gicos y ajustes, especialmente en la delimitaci6n de las unidades cuaternarias, as6 mismo modificaciones ocasionadas por el trabajo de inspecci6n y verificaci6n de campo.

**Tabla 1 Im6genes de Sat6lite utilizadas**

Sensor	Rapidez	Resoluci6n Espacial	Resoluci6n Radiom6trica	Resoluci6n Espectral
C6digo	2010-01-04T161525_RE4_1B-NAC_4522216_96746 2010-01-21T163337_RE1_1B-NAC_4520302_96639 2010-02-01T162300_RE3_1B-NAC_4520426_96665 2010-01-21T163325_RE1_1B-NAC_4519550_96638 2010-01-04T161531_RE4_1B-NAC_4516463_96512 2010-01-05T161649_RE5_1B-NAC_4516468_96523 2009-12-14T161714_RE2_1B-NAC_4509929_96428 2009-12-14T161657_RE2_1B-NAC_4510484_96426	7m	16Bits	5Bandas (Azul, Verde, Rojo, InfraRojo Cercano, RedEdge)
Sensor	Spot	Resoluci6n Espacial	Resoluci6n Radiom6trica	Resoluci6n Espectral
C6digo	2010-sinergy_644_344_210906	5m	8Bits	4Bandas (Verde, Rojo, Infrarrojo Cercano, Infrarrojo)

Sensor	Rapideye	Resolución Espacial	Resolución Radiométrica	Resolución Espectral
	2010- sinergy_643_344_030207			

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC

**Tabla 2 Fotografías aéreas utilizadas**

Vuelo No.	Formato disponible		Escala	Fecha de toma
	ECW	KMZ		
C-1942-69	X	X	1:32800	27/01/1980
C-1942-76	X	X		
C-1942-77	X	X		
C-1942-79	X	X		
C-1942-81	X	X		
C-1942-83	X	X		
C-1942-84	X	X		
C-1942-85	X	X		
C-1942-87	X	X		
C-1943-8	X	X	1:35000	27/01/1980
C-1959-161	X	X	1:34300	15/06/1980
C-1959-208	X	X	1:30600	15/06/1980
C-1992-23	X	X	1:34200	23/01/1981
C-2036-52	X	X	1:31850	01/09/1981
C-2036-54	X	X		
C-2041-88	X	X	1:25800	23/09/1981
C-2041-90	X	X		
C-2041-92	X	X		
C-2041-94	X	X		
C-2041-98	X	X		
C-2041-113	X	X	1:23800	23/09/1981
C-2074-7	X	X	1:23570	13/02/1983
C-2074-9	X	X		
C-2336-155	X	X	1:38460	15/03/1988
C-2336-159	X	X		
C-2336-161	X	X		
C-2336-163	X	X		
C-2336-164	X	X		
C-2390-109	X	X	1:32100	11/04/1989
C-2390-110	X	X		
C-2390-132	X	X	1:39900	11/04/1989
C-2390-164	X	X	1:33400	11/04/1989
C-2390-172	X	X	1:33300	11/04/1989
C-2390-208	X	X	1:33200	11/04/1989
C-2407-150	X	X	1:36000	16/12/1989

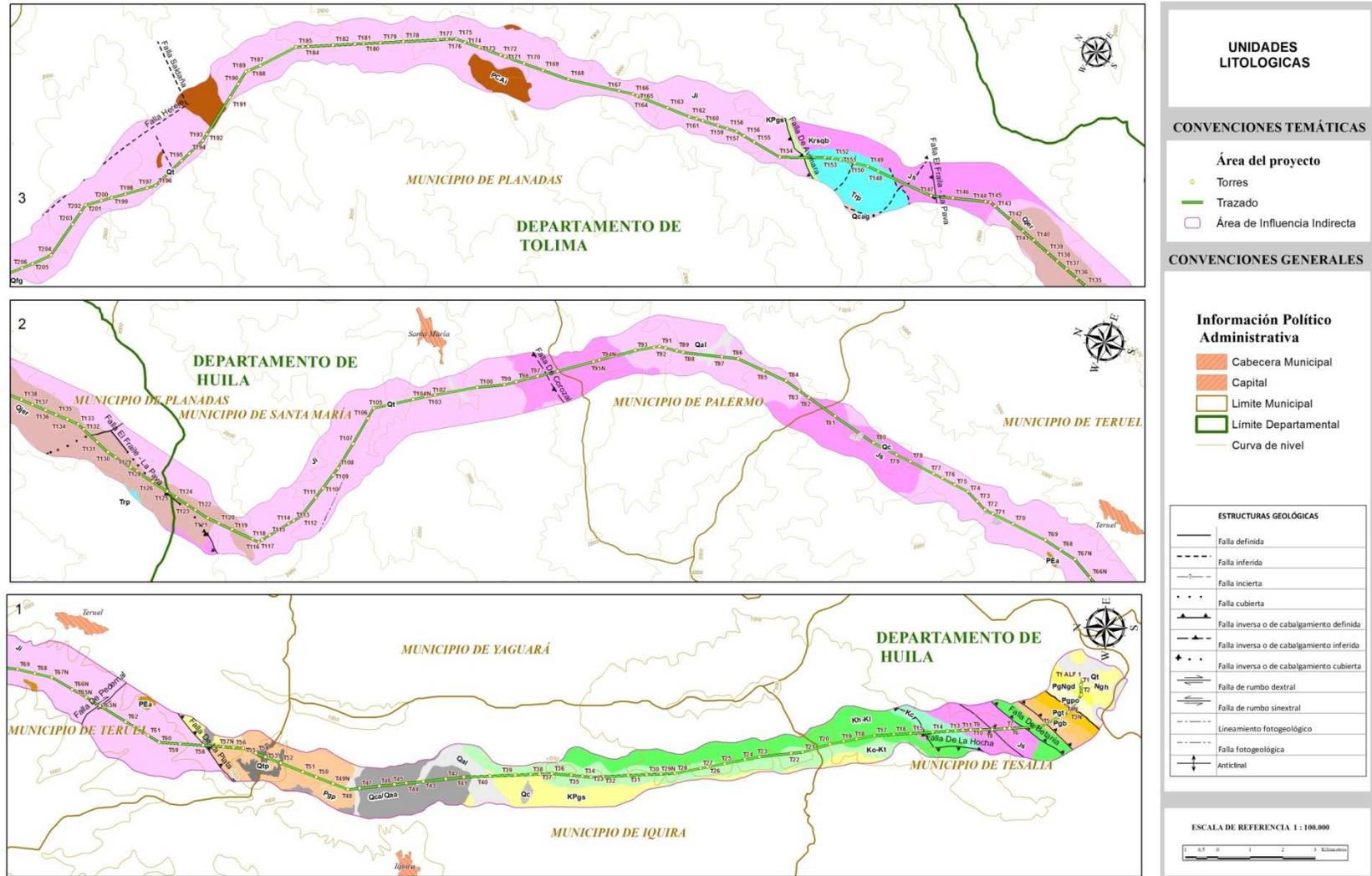
VueloNo.	Formato disponible		Escala	Fecha de toma
C-2407-214	X	X	1:38200	16/12/1989
C-2407-217	X	X	1:39300	16/12/1989
C-2408-56	X	X	1:33550	18/12/1989
C-2409-24	X	X	1:32700	19/12/1989
C-2409-46	X	X	1:32300	19/12/1989

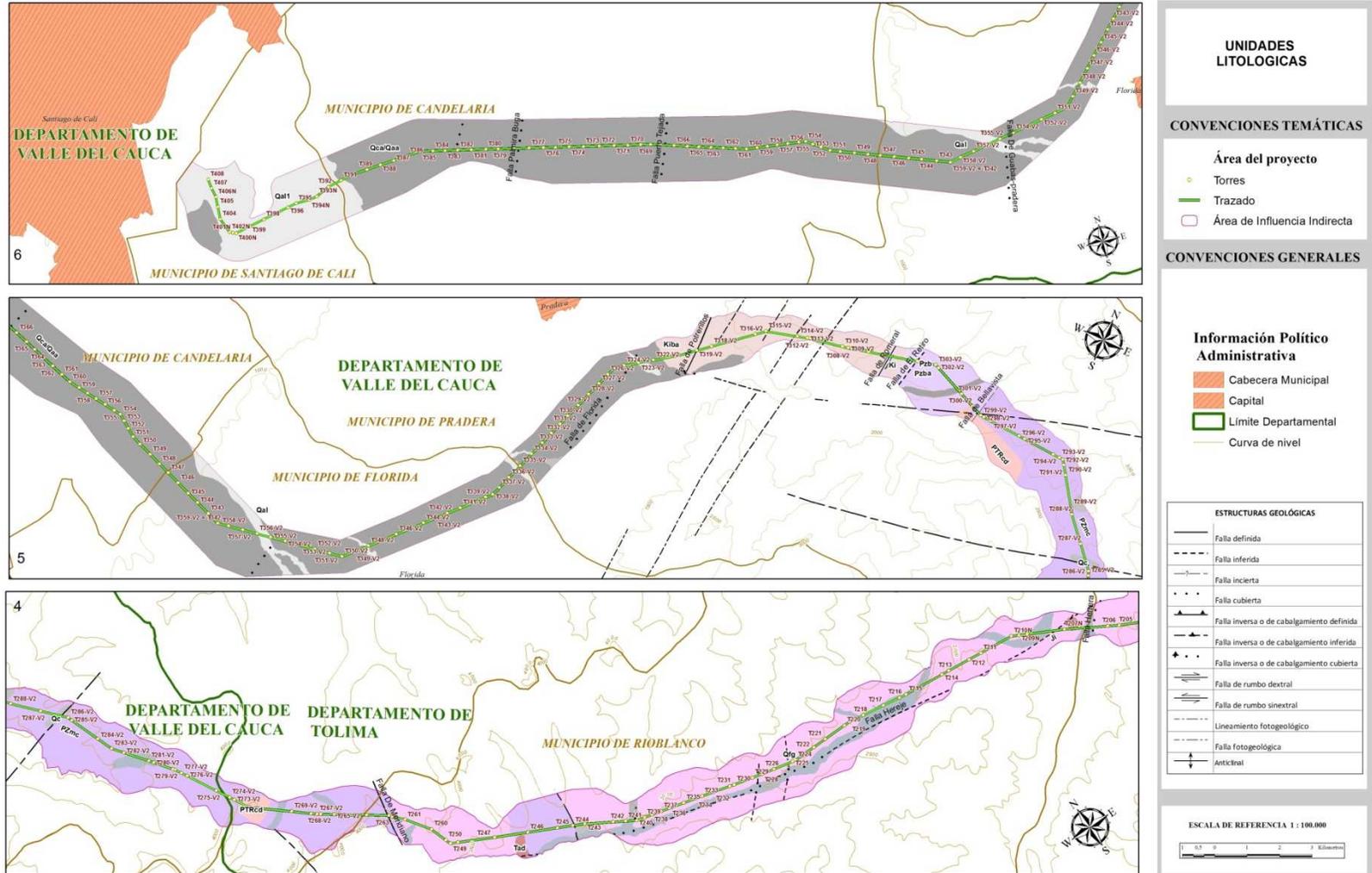
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazza-IGAC

En este numeral se presenta la caracterización de las unidades litológicas que afloran en el área de influencia del proyecto; las descripciones ajustadas según los resultados de las observaciones de campo, se realizan desde las unidades más antiguas a las más recientes y para la unificación de la diferente simbología se portadas para la región, la homologación de acuerdo con la edad y posición estratigráfica de cada unidad, conforme con la nomenclatura de la cartografía geológica de INGEOMINAS, como se detalla en la Tabla 3.

Toda la información está contenida en el Mapa Geología 9-EEB-TES-AMB-CONCOL-5045-1-EEB, anexo al presente documento, el cual se sintetiza en la Figura 2.

Figura 2 Unidades litológicas área de influencia indirecta, Línea Tesalia–Alfárez 230kV





Fuente: INGEOMINAS. Planchas Geológicas: 344 Tesalia, 345 Campoalegre, 322 Santa María, 323 Neiva, 301 Planadas, 300 Santiago de Cali. Escala 1:100.000.

**Tabla 3 Estratigrafía área de influencia indirecta – Línea Tesalia – Alférez 230 Kv**

Era	Período	Valle Superior del Magdalena-Cordillera Central-Valle del Cauca			
		Símbolo Propuesto	Nombre	Área (ha)	Descripción
CENOZOICO	CUATERNARIO	Qal1	Depósitos aluviales	1.017,34	Materiales no consolidados de origen aluvial, asociados al río Cauca. Sedimentos actuales transportados como materia de arrastre, llanuras de inundación, y terrazas bajas asociadas a las corrientes principales.
		Qal	Depósitos aluviales	547,96	Materiales no consolidados de origen aluvial, asociados principalmente al río Páez y cuerpos de agua en montañas, compuestos por sedimentos no consolidados de arenas gruesas a finas, limos y arcillas con fragmentos de rocas ígneas y metamórficas.
		Qt	Depósitos de terrazas aluviales	15,86	Depósitos de terrazas aluviales asociados al río Páez, y en menor extensión al río Carmen. Constande cantos redondeados de rocas ígneas, metamórficas y sedimentaria traídos y depositados por los ríos.
		Qc	Depósitos coluviales	109,83	Conformados principalmente por depósitos de ladera. Se caracterizan por su contenido de matriz, generalmente suelta, con un porcentaje variable de bloques de diámetro y composición variable.
		Qca/Qaa	Conos aluviales/Abanicos aluviales	6.073,08	Depósitos de sedimentos de variado espesor, asociados a eventos de alta energía localizados en zonas de piedemonte de la vertiente occidental de Cordillera Central. El más representativo se localiza en el municipio de Iquira, como un abanico de terrazas, con varios niveles de terrazas con abundantes bloques superficiales; también en el municipio de Pradera conformados por materiales finos, de texturas arenolimo arcillosas a arenagruesa conglomerática.

Era	Período	Valle Superior del Magdalena-Cordillera Central-Valle del Cauca			
		Símbolo Propuesto	Nombre	Área (ha)	Descripción
		Qtp	Terrazas pumíticas	70,53	Secuencia de arenitas arcillosas pumíticas y gruesas, en paquetes gruesos a medianos, con estratificación cruzada, festoneada, plana paralela, continua y gradación normal.
		Qfg	Depósitos glaciales y fluvioglaciales	624,91	Cantos y bloques angulares a subangulares, de rocas ígneas intrusivas y porfiríticas en menor proporción metamórficas (esquistos), englobados en una matriz de grava, arena y av es material arcilloso. Se localizan en las zonas de páramo asociadas a las cuencas altas de los ríos Herejey Bolo.
		Qcag	Cono aluvial de Gaitania	14,11	Conglomerados tamaño guijarro a bloques de calizas y már moles.
		Qjer	Depósito de Jerusalén	1129,36	Intercalaciones de gravas, arenas y lodolitas con restos de pl antas y esporádicos niveles de arenas de granofino.
	NEOGENO	Tad	Rocas Hipoabisales	33,43	Andesitas-dacitas, porfiríticas, afaníticas.
		Ngh	Grupo Honda	125,64	En el nivel inferior areniscas grava cuicas conglomeráticas de origen fluviolacustre, grises, con intercalaciones de limolitas rojizas. En la parte superior arcillo litas varicoloreadas, con esporádicas intercalaciones de limolitas y lentes de conglomerados finos.
		PALÓGENO	PgNgd	Formación Doima	40,26
Pgpo	Formación Potrerillo		66,89	Capas gruesas de arcillo litas y lodolitas, intercaladas con arenitas líticas de granofino hasta conglomerático y conglomerados arenosos de guijos compuestos por cuarzo y chert. La composición de las arenitas es de granos de chert negro y rocas ígneas, embebidos en matriz lodosa.	

Era	Período	Valle Superior del Magdalena-Cordillera Central-Valle del Cauca			
		Símbolo Propuesto	Nombre	Área (ha)	Descripción
		Pgt	Formación Tesalia	70,53	Conglomerados polimícticos estratificados en capas muy gruesas lenticulares, con aproximadamente 80% de clastos subredondeados de cuarzo y chert, frágiles, deleznales y susceptibles a erosión en surcos y cárcavas. Pueden presentar setambien estratos de areniscas de gran medio grueso.
		Pgb	Formación Baché	70,79	Interestratificaciones de arcillolitas, areniscas, pardorjizas, friables y conglomerados lenticulares hasta capas muy gruesas.
		Pgp	Formación Palermo	568,00	Conglomerados matriz soportados, granoderecipientes de baseatecho, caférojizo, masivos, dispuestos en capas muy gruesas. Compuestos de chert, negros, grises y pardos, conos porádicos fragmentos de cuarzo; matriz de gran grueso, con una fracción arcillosa, de composición predominantemente e cuarzosa, cemento silíceo-ferruginoso.
		KPgs	Formación Seca	450,33	Intercalaciones de capas finas a medias de arcillolitas rojizas, intercaladas con capas de litoarenitas de gran fino a medio. Se caracteriza por conformar relieves más bajos que las formaciones que la limitan, pero al sur del municipio de Quirá, des arrolla escarpes pronunciados.
	CRETÁCEO	Ko-Kt	Grupo Olini-Formación La Tabla	657,02	Grupo Olini (Ko). Shales calcáreas negras, en capas delgadas a medias, con intercalaciones de areniscas de gran fino, en capas muy finas a finas, e intercalaciones esporádicas, de limonitas calcáreas. Formación La Tabla (Kt). Cuarzo areniscas en capas medias, con intercalaciones de lutitas y limonitas negras, en capas medias a finas.
		Kh-Kl	Formación Hondita- Formación Loma Gorda	865,52	Lodolitas, calizas negras fosilíferas. Capas delgadas de areniscas. En su tope, calizas micricas con ruedas de carreta y capas delgadas de chert.
		Krsqb	Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco	31,59	Areniscas cuarzosas, en base y techo, calizas, shales con concreciones y lutitas, con delgados niveles de líticas en la parte media. Fauna fósil del Albiano-Campaniano.

Era	Período	Valle Superior del Magdalena-Cordillera Central-Valle del Cauca			
		Símbolo Propuesto	Nombre	Área (ha)	Descripción
		Kc	Formación Caballos	113,42	Areniscas cuarzosas y cuarzo feldespáticas, lodolitas calcáreas y calizas micríticas, areniscas glauconíticas, ligeramen te calcáreas y fosilíferas.
		Ki	Rocas intrusivas	34,27	Cuarzo-dioritas biotíticas principalmente, intruidas al largo del zona de la Falla de Romeral, determinadas por geofísica.
		Kiba	Complejo Barroso-Amaime	704,75	Diabasas de color pardo amarillento a pardo rojizo y ocre, altamente fracturadas y meteorizadas, con desarrollo de suelos residuales arcillosos, de color naranja. Basaltos almohadilla dos, diques y piroclastitas básicas, con delgadas intercalaciones de rocas sedimentarias con metamorfismo incipiente (Kiba/Jka).
MEZOSOICO	JURÁSICO	Ji	Batolito del bagué	11.060,98	Roca ígnea masiva fanerítica, holocristalina, mesocrática, índice de color de 35-40%, textura granular. Color crema moteado de puntos negros, con algunas patinas de color verde pistacho y otras amarillentas ocasionadas por la alteración de la roca. En la zona del río Herejela roca es un tonalita biotítica, dura, masiva, también granodiorita.
		PTRcd	Batolito de Santa Bárbara	185,65	Cuerpo intrusivo intermedio, biotítico, conformado por unacuarzo diorita-tonalita, tiene una fábrica tectónica (foliada) bien definida, orientada NW-SE, edad mínima 211 ± 51 m. a Rb/Sr.
		Js	Formación Saldaña	2.082,30	Secuencia vulcanosedimentaria, flujos volcánicos intermedios; tobas, areniscas arcósicas, lutitas y arcillo litas, de color rojo-violáceo predominante. Se observaron capas de cenizas volcánicas, de espesores variables, con pequeños cristales de mica biotita y anfíbol, probablemente hornblenda, inmersos en matriz arcillosa a levemente arenosa, naranjada.
	TRIÁSICO	Trp	Formación Payandé	391,56	Intercalaciones de calizas micríticas en capas finas a medias

Era	Período	Valle Superior del Magdalena-Cordillera Central-Valle del Cauca			
		Símbolo Propuesto	Nombre	Área (ha)	Descripción
					, grises oscuras, con niveles de lodolitas negras, en capas muy finas.
PALEOZOICO		Pzb	Grupo Bugala grande	52,98	Esquistos anfibólicos, cloríticos y negros (grafíticos) localmente unidades importantes de cuarcita.
		PZmc	Complejo Cajamarca	2.395,36	Esquistos cuarzosericíticos, esquistos verdes y cuarcitas. Localmente anfibolitas, mármoles y neises.
PRECÁMBRICO		Pzba	Complejo Bolo Azul	341,06	Neishornbléndico con abundante contenido micáceo tipo muscovita, granulos de cuarzo y feldespato; anfibolitas, metagabros, dioritas.
		PEa	Complejo Aleluya	23,02	Esquistos sericíticos, grafíticos, cuarcitas negras y metaconglomerados, en el miembro inferior. En el miembro superior xenolitos de mármol de tamaño variable (15 hasta 1 km <sup>2</sup> ); el mármol presenta bandeamiento, grano grueso, color blanco grisáceo, con bandas de color gris gris oscuro.
		PCAi	Complejo Icarco	291,77	Complejo metamórfico de anfibolitas y neises anfibólicos, cuarzo-feldespáticos, y biotíticos.
		Total		30.260,10	hectáreas
SON	32	Unidades Litológicas Unificadas			

Fuente: INGEOMINAS. Planchas Geológicas: 344 Tesalia, 345 Campoalegre, 322 Santa María, 323 Neiva, 301 Planadas, 300 Cali. Escala 1:100.000.

## Complejo Icaro (PCAI)

Nombre dado por Murillo y otros (1982) a una secuencia metamórfica compleja. Se trata de xenolitos y techos pendientes, de tamaño variable, distribuidos irregularmente en el Batolito del bagué (Ji), con frecuencia asociados a zonas de falla, especialmente a la Falla Saldaña. La litología más comunes de anfíbolitas, neises anfibólicos y neises cuarzo feldespáticos (Tabla 3) los dos primeros tipos de roca tienen en composición similar y difieren en su estructura y tamaño de grano; las anfíbolitas son masivas ligeramente esquistosas y de grano fino a medio; los neises son bandeados con grano medio a grueso y textura granoblástica; con menor frecuencia se pueden encontrar neises biotíticos, cuarcitas y migmatitas. El metamorfismo del Complejo Icaro varía de facies anfíbolita a facies granulita. Murillo y otros (1982) y Núñez (1982) asignan una edad Precámbrica.

Las anfíbolitas son de color verde oliváceo oscuro, estructura masiva levemente bandeadas, y textura melanoblástica, compuestas por anfíboles (~75%) y plagioclasas (~25%), los anfíboles, posiblemente hornblenda, presentan un hábito cristalino, prismático, alargado en el eje C, de color verde oliváceo oscuro. Las plagioclasas de color blanco, hábito cristalino, translúcido, se presentan en los espacios intersticiales de los anfíboles, con una leve alteración epidota (Foto 1).

### Foto

**1 En la imagen a la izquierda afloramiento del Complejo Icaro (PCAI), en cercanías al municipio de Planadas; en la imagen a la derecha detalle de una anfíbolita de este complejo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Asociado a estas rocas, también se identificó en el Complejo Icaro (PCAI), la presencia de un tipo diferente de roca metamórfica, masiva, sin bandeamiento ni orientación, de color verde, en muestra de mano presenta cuarzo con texturas acaroide, de color blanco, translúcido, euédral, de tamaño fino, se presenta además un mineral opaco de color negro, euédral de menor tamaño que los cristales de cuarzo; este mineral opaco conforma aproximadamente el 15% de la roca, la cual puede corresponder a una cuarcita de contacto, o una hornfelsa con un muy alto contenido de cuarzo; además presenta mineralización de pirolusita en las fracturas (Foto 2).

## Foto

**2 Detalle de una cuarcitada del Complejo Icarco (PCAI) y de la mineralización de piroclucita que se presenta en la superficie de una fractura**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Aflora en el área de influencia directa del proyecto entre los sitios de torre T191 y T192, y en el área de influencia indirecta al occidente de los sitios de torre T170 a T173 y al oriente entre los sitios de torre T195 y T196, como cuerpos de extensión media, con tamaños variables entre unos cientos de metros hasta 2 km<sup>2</sup> aproximadamente, incluidos dentro del Batolito del bagué (Ji).

### Complejo Aleluya (Pea)

Se utiliza este nombre para describir rocas metamórficas e ígneas, que por sus relaciones complicadas no es posible separar cartográficamente y aparecen en la localidad de Aleluya (Palermo) y alrededores (Ferreira et al., 2001) 22. Su nombre se ha utilizado de diversas maneras para correlacionar diferentes unidades litoestratigráficas con edades desde el Proterozoico hasta el Triásico. Esta unidad se extiende en forma de franja alargada con dirección regional N-NE en los sectores de El Quira, Labo de Gay Teruel; su manifestación a nivel de afloramiento es en forma de amplias cuñas tectónicas en el sector de Rionegro y Riochiquito y pequeños xenolitos con longitudes que no superan los 100 m y espesores no mayores de 40 m.

El Complejo Aleluya (Pea) está constituido por rocas metamórficas regionales en facies esquistoverde, con sobreimpresión de metamorfismo de contacto en facies hornfelsa-hornblenda, en el caso de los xenolitos (ver Tabla 3). Por las características litológicas y genéticas, se han separado dos miembros. El miembro inferior, constituido por esquistos sericiticos, grafíticos, con sillimanita y cuarcitas negras y grises oscuras, en paquetes de 50 centímetros a 1 metro; con clara fractura con coide y estratificación tabular. También se ha observado un acapado delgado y parcialmente cubierto de metaconglomerados. El miembro superior está constituido por mármoles bandeados, de colores variados desde rosado, verde claro, naranja, azul, blanco, gris, pardo, negro y crema, inclusive con combinaciones blanco-pardo, crema-rosado, rosado-gris y blanco-gris.

22 Ferreira et al., 2001. Tomado de Geología de la Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá, 2002.

Por lo regular se encuentran bien cristalizados y constancias esencialmente de calcita. El protolito corresponde a las rocas de esta unidad, debió ser sedimentario, clástico en la parte inferior y calcáreo en la superior. Esta secuencia fue afectada inicialmente por un evento metamórfico regional y posteriormente por un evento metamórfico de contacto, durante el emplazamiento del Batolito del bagué (Ji).

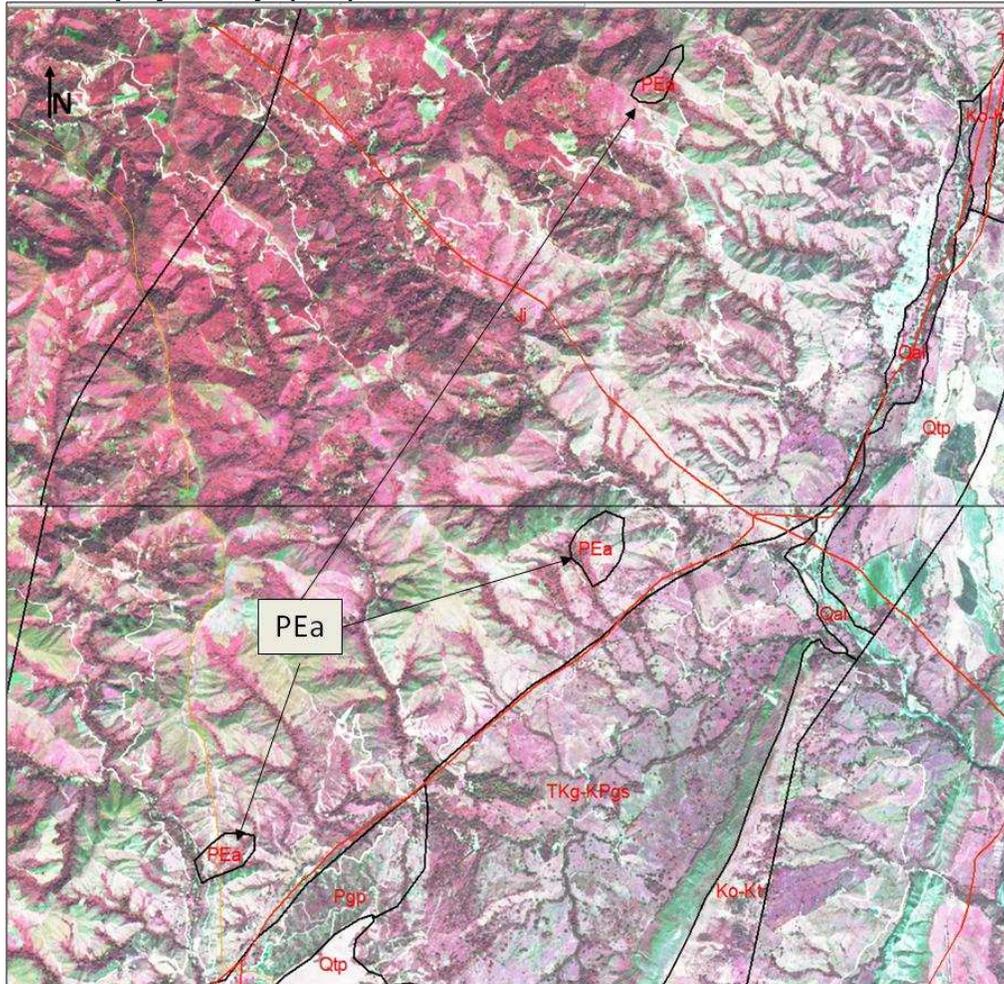
Por ausencia de dataciones, la edad es incierta, pero se ha considerado que la edad más probable es el Precámbrico, tal como lo establecen Fuquen & Núñez (1989) 23.

Estas rocas conforman pequeños afloramientos aislados en la vertiente oriental de la Cordillera Central, asociados a las fallas La Plata y Pedernal; en imágenes de satélite se dificulta su diferenciación cartográfica, por lo que para su delimitación se contó con el apoyo de la cartografía geológica de INGEOMINAS (Foto 3).

---

23 Fuquen & Núñez (1989). Tomado de: INGEOMINAS. Geología de la Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá, 2002.

**Figura 3 Complejo Aleluya (Pea)**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010)

Aflora por la vía que conduce del municipio del Quira al municipio de Teruel, donde exposiciones de esta unidad se localizan únicamente en el área de influencia indirecta del proyecto, al oriente y occidente del tramo comprendido entre los sitios de torre T60 a T68, sin llegar a formar parte del área de influencia directa. Se presentan como Xenolitos de Mármol de tamaño variable (15 m hasta 1 km<sup>2</sup>, aproximadamente), siendo los más grandes explotados para la extracción de mármol, empleado principalmente en la agroindustria. El mármol presenta bandeamiento, texturalmente es un roca de grano grueso, de color blanco grisáceo, con bandas de color gris oscuro.

### **Complejo Bolo Azul (Pzba)**

Asignado por McCourt & Grotjohann (1981) para una secuencia meta-ígneavariada, compuesta de metagabros, metadioritas y metagabros bandeados/neiseshorn bléndicos (Tabla 3). Esta unidad normalmente se encuentra asociada en contacto fallado con los sesquistos del Grupo Bugala grande (Pzb), especialmente en la vertiente occidental de la Cordillera Central.

Aflora a manera de una franja elongada de dirección NNE-SSW, localizada en la parte media de la cuenca del río Bolo al oriente del municipio de Pradera, do nde la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV cruza en el tramo entre los sitios de torre T303-V2 y T309-V2; al occidente el contacto es con los esquistos del Grupo Cajamarca (PZmc) demarcado por la Falla de Guenguede orientación aproximada N-S y al oriente la Falla EI Retiro también de orientación aproximada N-S, define el contacto con los esquistos del Grupo Bugalagande (Pzb); ambas fallas asociadas al Sistema de Fallas Romeral (Foto 3).

En esta zona una amplia cobertura de depósitos cuaternarios enmascara los afloramientos de la unidad, la cual pudo observarse en un talud de la carretera Pradera – vereda Bolo Azul (punto GPS MJ27) como un neishornbléndico con abundante contenido micácico eotipomuscovita, gránulos de cuarzo y feldespato, con alto grado de alteración (Foto 3).

#### Foto

**3 Afloramiento de neishornbléndico (GPS MJ27), con alto grado de alteración, Complejo Bolo Azul (PZba), carretera Pradera – vereda Bolo Azul**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### **Complejo Cajamarca (PZmc)**

Se utiliza este nombre, propuesto por Mayay González (1995), para describir un conjunto de rocas metamórficas que conforma el núcleo de la Cordillera Central y que fue inicialmente llamado por Nelson (1962) Grupo Cajamarca 24, conformado principalmente por esquistos cuarzosericíticos, esquistos verdes y cuarcitas. Localmente anfibolitas, mármoles y neises (Tabla 3).

24 Ibid.

La erosión glaciaria ocasionó depósitos heterométricos, de poco espesor, que se reflejan en suelo de texturas gruesas, poco profundos y de muy baja fertilidad, acumulados sobre la secuencia metamórfica. El Complejo Cajamarca (PZmc), aflora como intercalaciones de esquistos de color negro gris y esquistos de color verde, de espesor y tamaño variable. En general son esquistos de cuarzo, sericitay grafito, esquistos cuarzosos, cuarcitas y cuarcitas biotíticas (Foto 4). Las intercalaciones menores de esquistos verdes constan de rocas constituidas mineralógicamente por esquistos de albita, clorita, actinolita y epidota, ocasionalmente anfíbolitas<sup>25</sup>. La secuencia muestra evidencia de un solo metamorfismo regional de tipo Barroviano con superposición de varios eventos posteriores, de metamorfismo dinamo térmico<sup>26</sup>.

Esta unidad conforma la parte alta de la cuenca del río Hereje, en la zona del páramo Meridiano en el municipio Rioblanco y también se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Bolo en el municipio de Pradera (Foto 4 y Foto 5), comprendiendo la unidad predominante en el tramo entre los sitios de torre T245a T246y T263a T299-V2().

**Foto 4** Afloramiento del Complejo Cajamarca (PZmc), localizado en la vía que conduce al páramo Meridiano, se observa un detalle de una cuarcita de este complejo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

<sup>25</sup> Cortolima, INCODER, FONADE. Plan de manejo de los predios El Auxilio, El Auxilio I, El Porvenir y Meridiano (núcleo Hereje) del municipio de Rioblanco, departamento del Tolima- llamada Reserva Forestal Protectora Meridiano. 2011.

<sup>26</sup> INGEOMINAS. Geología de la Plancha 301, Planadas (departamento de Tolima). Escala 1:100.00, 1991.

**Foto**

**5 Afloramiento del Complejo Cajamarca (PZmc), localizado en el cruce del camino de la vereda Bolo Azul con el río Bolo, se observa un detalle de los esquistos negros de este complejo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Grupo Bugalagrande (Pzb) 27**

Postulado por McCourt (1982) para una secuencia metamórfica pelítica–metavolcánica (básica), probablemente de origen oceánico. Compuesta por esquistos anfibólicos, cloríticos, grafiticos, con unidades locales de cuarzitas y psamitas (Tabla 3). Evidencia un olometamorfismo regional del tipo Barroviano, con varios eventos posteriores de tipo dinámico.

Aflora en la parte media de la cuenca del río Bolo al oriente del municipio de Pradera, donde la línea de transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV lo cruza en el tramo entre los sitios de torre T305–V2 y T306–V2. Conforma una franja elongada de dirección NNE–SSW, al occidente el contacto es con el Complejo Bolo Azul (Pzba) demarcado por la Falla El Retiro de orientación aproximada N–S, y al oriente la Falla de Romera también de orientación aproximada N–S, define el acañamiento del Grupo Bugalagrande (Pzb) en las rocas basálticas Juratriásicas de la Formación Amaime, Complejo Barroso (Jka–Kiba) ubicada al occidente del sistema de fallamiento (Foto 6).

En esta zona una amplia cobertura de depósitos cuaternarios enmascara los afloramientos de la unidad, la cual en los taludes de la carretera Pradera–vereda Bolo Azul, no pudo diferenciarse.

---

27 INGEOMINAS. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar, Plancha 300 de Cali. Bogotá, 1985.

### Formación Payandé (Trp)

Conjuntodecalizasmicríticas, decolorgrisoscuroconestratificaciónmasiva(Tabla3). Enlapart esuperiordelasecuenciasepuedereconocerunacapade10a15mdeconglomeradosconcant osde1a10cm, constituidosporcalizasmicríticasgrisesclarasymatrizcalcáreadegranomedio agrueso, detonorrojizo.

El límite entre las formaciones Payandé (Trp) y Saldaña (Js), está definido por un nivel de conglomerados, y se asigna la edad Triásica desde el Carniano hasta el Retiano para la Formación Payandé (Trp), asumida por Geyer (1973)<sup>28</sup>.

Aflora como intercalaciones de micritas en capas finas a medias, de color gris oscuro, con niveles de dolita negra, en capas muy finas. En la Foto 6 se observa la aureola de contacto del Batolito del bagué (Ji) con la Formación Payandé (Trp), generando en esta última un nivel de mármol, con un espesor de unos pocos metros. Se localiza principalmente al sur del municipio de Planadas, en la vía que comunica este municipio con el municipio de Gaitania, interceptando el área de influencia de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230kV entre los sitios de torre T148a y T153.

#### Foto

**6 Mármol, en la aureola de contacto entre el Batolito del bagué (Ji) y la Formación Payandé (Trp) al sur del municipio de Planadas, vía Planadas Gaitania**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

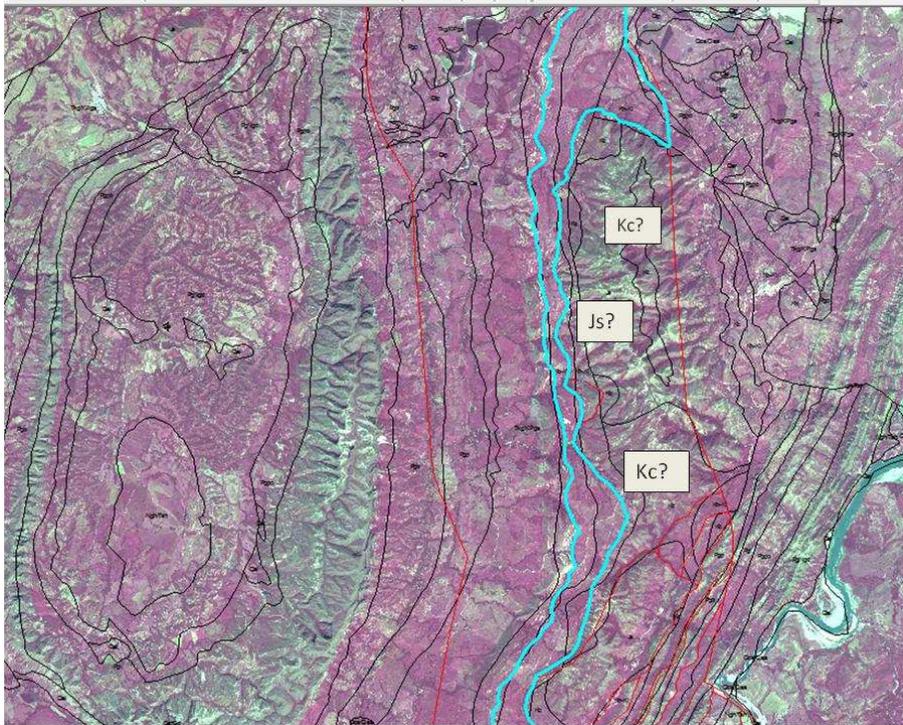
28 Geyer (1973). Tomado de INGEOMINAS. Geología de la Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

## Formación Saldaña (Js)

Esta unidad está suprayacida en forma discordante, por la Formación Caballos (Kv) de edad Cretácica. Se acepta la edad del Triásico–Jurásico para la Formación Saldaña (Js), asumida por Mojica et al. (1978), Cedi et al. (1980)<sup>29</sup> y comprobada por Jaramillo et al. (1980)<sup>30</sup>, por medio de dataciones radiométricas.

Se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Central, en los municipios de Santa María y Tesalia; en imágenes de satélite es de apariencia masiva, se identifica conformando el núcleo del anticlinal La Hocha (Figura 4) y en contacto con el Batolito del bagué (Ji).

**Figura 4 Formación Saldaña (Js) conformando el núcleo del anticlinal La Hocha**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010), modificado por Consultoría Colombiana (2.013)

En el área de influencia del Proyecto se presenta como cuerpos vulcano-sedimentarios discontinuos entre los sitios de torre T6aT11, T78aT82, T94aT98yT143aT146, que afloran como capas decenizas volcánicas, de espesores variables, decoloran anaranjado a amarillo que madolevemente grisáceo, en las áreas menos alteradas de la roca, solo se reconocieron pequeños cristales de micabiotita y anfíbol, probablemente hornblenda, inmersos en una matriz arcillosa levemente arenosa, decoloran anaranjado, en la cual no se identificaron cristales; adiciona

29 Mojica et al., 1978, Cedi et al., 1980. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

30 Jaramillo et al. (1980). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

Iméntese observaron niveles de color café oscuro, y espesores promedios de 5 mm a 1 cm, los cuales presentan un mayor contenido de máficos que el resto de la roca (Foto 7, Tabla 3). Esta secuencia vulcanosedimentaria, también contiene flujos volcánicos intermedios; tobas, areniscas arcósicas, lutitas y arcillolitas; de color rojo-violáceo predominante.

#### Foto 7 Alforamiento de la Formación Saldaña (Js), en la vía Santa María–Gaitania



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### Batolito de Santa Bárbara (PTRcd)

La primera referencia a esta unidad geológica se encuentra en McCourty Verdugo (1985), en la cartografía geológica de la Plancha 300 Cali. Se trata de un cuerpo intrusivo intermedio, biotítico, foliado (Tabla 3), conformado por una cuarzodiorita-tonalita, cuyos componentes son plagioclasa y cuarzo con cantidades menores de feldespatos potásico; el accesorio principal es biotita, mientras que hornblenda se presenta en cantidades variables. El intrusivo tiene una fábrica tectónica bien definida orientada noroeste-sureste (Nivia, 2001) 31.

El Batolito de Santa Bárbara (PTRcd) intruye el Grupo Bugala grande (Pzb), el Grupo de Cajamarca (PZmc) y el Complejo Bolo Azul (Pzba), la foliación del batolito es de origen tectónico y se correlaciona con el ciclo magmático permotriásico del flanco occidental de la Cordillera Central (ALVAR EZ, 1983; McCOURT et al., 1984), por lo que se deduce una edad mínima del Paleozoico superior ( $211 \pm 51$  m.a Rb/Sr) para el metamorfismo regional 32.

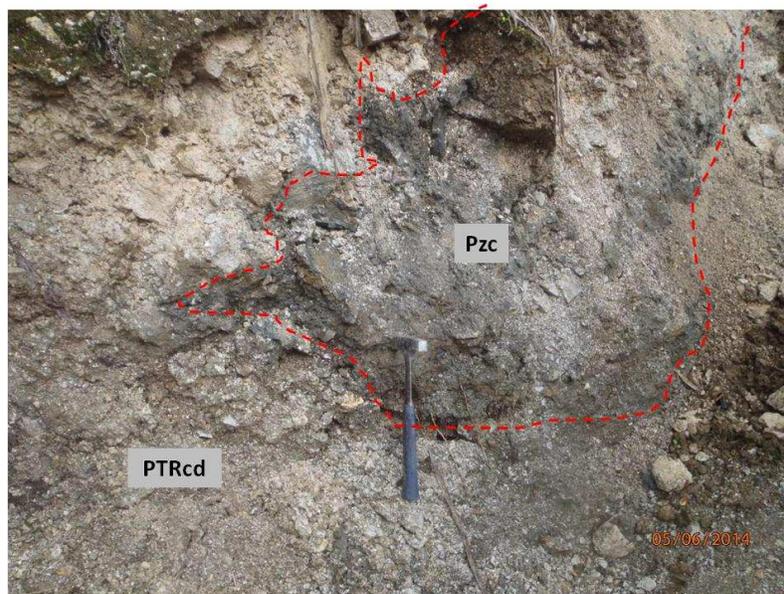
31 Cortolima, INCODER, FONADE. Plan de manejo de los predios El Auxilio, El Auxilio I, El Porvenir y Meridiano (núcleo Hereje) del municipio de Rioblanco, departamento del Tolima- llamada Reserva Forestal Protectora Meridiano. 2011.

32 INGEOMINAS. Geología de la Plancha 301, Planadas (departamento de Tolima). Escala 1:100.00, 1991.

Los afloramientos del Batolito de Santa Bárbara (PTRcd) se ubican en la parte alta de la cuenca del río Hereje en la zona del Páramo El Meridiano en el municipio de Rioblanco y conforman la litología predominante al oeste de la Falla Meridiano, en contacto fallado con las rocas metamórficas del Grupo Cajamarca (PZmc), extendiéndose por la región de la cuchilla y paramo Mendoza hacia el oeste, hasta los límites entre las veredas Bolo Azul y Bolo Blanco en el municipio de Pradera, donde se pudo observar la relación intrusiva con el Grupo Cajamarca (PZmc), en el talud de la vía Pradera–Bolo Azul, punto GPMJ24 (Foto 8).

#### Foto

**8 Afloramiento donde se pudo observar la relación intrusiva entre el Batolito de Santa Bárbara (PTRcd) y los esquistos del Grupo Cajamarca (Pzc), vía Pradera–Bolo Azul, punto GPMJ24**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La línea Tesalia–Alfárez 230 kV cruza esta unidad entre los sitios de torre T270-V2a T273-V2y se ubica al sur del tramo entre los sitios de torre T295-V2a T299-V2 (Foto 8).

#### **Batolito del bagué (Ji)**

Limitado al oriente por la Falla de La Plata del Sistema de Fallas de Chusma, que lo pone en contacto con volcánico–sedimentitas de la Formación Saldaña (Js) y rocas sedimentarias de las formaciones Caballos (Kv), Hondita (Kh), Seca (KPgs), Potrerillo (Pgpo) y Doima (PgNgd) y los grupos Olini (Ko) y Chicoral (E2ch). En algunos sectores este contacto fallado está cubierto por abanicos aluviales recientes, y en otros el batolito intruye la Formación Saldaña (Js).

Decomposición monzogranítica y cuarzo monzodiorítica (Tabla 3); localmente se encuentra a través de oporen jambres de diques de composición diorítica, como en la desembocadura del río S ímbola; de espesores variables, desde pocos centímetros hasta decenas de metros. El color de las rocas es blanco–

grisáceo dominante, con moteado negro; su textura es fanerítica granular, de grano fino a medio y localmente inequigranular, de grano medio a grueso. Los minerales principales son cuarzo (23%), plagioclasa (39%) y feldespatopotásico (26%), con minerales accesorios de biotita, hornblenda, opacos, circón, esfenayrutilo. Los minerales de alteración son clorita, sericita, epidota, caolín, saussurita, hematita, calcitay leucoxeno. Son comunes autolitos de composición diorítica y xenolitos de mármol, pertenecientes al Complejo Aleluya; estos últimos dispuestos en forma paralela a la Falla de La Plata, al noroccidente de la carretera La Bodega–Teruel.

Por determinación radiométrica (K/Ar y Rb/Sr) de rocas pertenecientes al intrusivo, se han encontrado edades desde  $131 \pm 2$  Ma (Sillitoe et al., 1982) hasta  $183 \pm 5$  Ma (Priem et al. 1989)<sup>34</sup>, que corresponden con el Jurásico temprano–Jurásico tardío.

El Batolito del bagué (Ji) aflora en el flanco oriental de la Cordillera Central, al occidente de Iquíray Teruel; gran parte del área de influencia de la línea de transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV cruza por esta unidad litológica y las imágenes de sensores remotos muestran un drenaje denso y dendrítico, principalmente en cercanías a la zona de falla La Plata, Figura 5

Se identificó como un cuerpo ígneo intrusivo de extensión regional, el cual aflora entre los sitios de torre T58aT77, T83aT93, T99aT118, y T154aT245, donde se alterna con la Formación Payandé (Trp), o con la Formación Saldaña (Js), o escubierto por el Depósito de Jerusalén (Qjer); aflora como unidad litológica predominante en el ramo T154aT245.

Se presenta como un arco masiva fanerítica, holocristalina, mesocrática, con un índice de color aproximado de 35–40%, de textura granular, los cristales son subhedrales, de tamaño promedio entre 1–2 mm. La roca presenta un color cremoso moteado de puntos negros, con algunas patinas de color verde pistacho y otras amarillentas ocasionadas por la alteración de la roca; en una muestra de mano, recolectada entre los vértices 31–32, se reconoció cuarzo (~25%), plagioclasas (~40%), micabiotita (~20%) y anfíbol, probablemente hornblenda (~15%), Foto 9

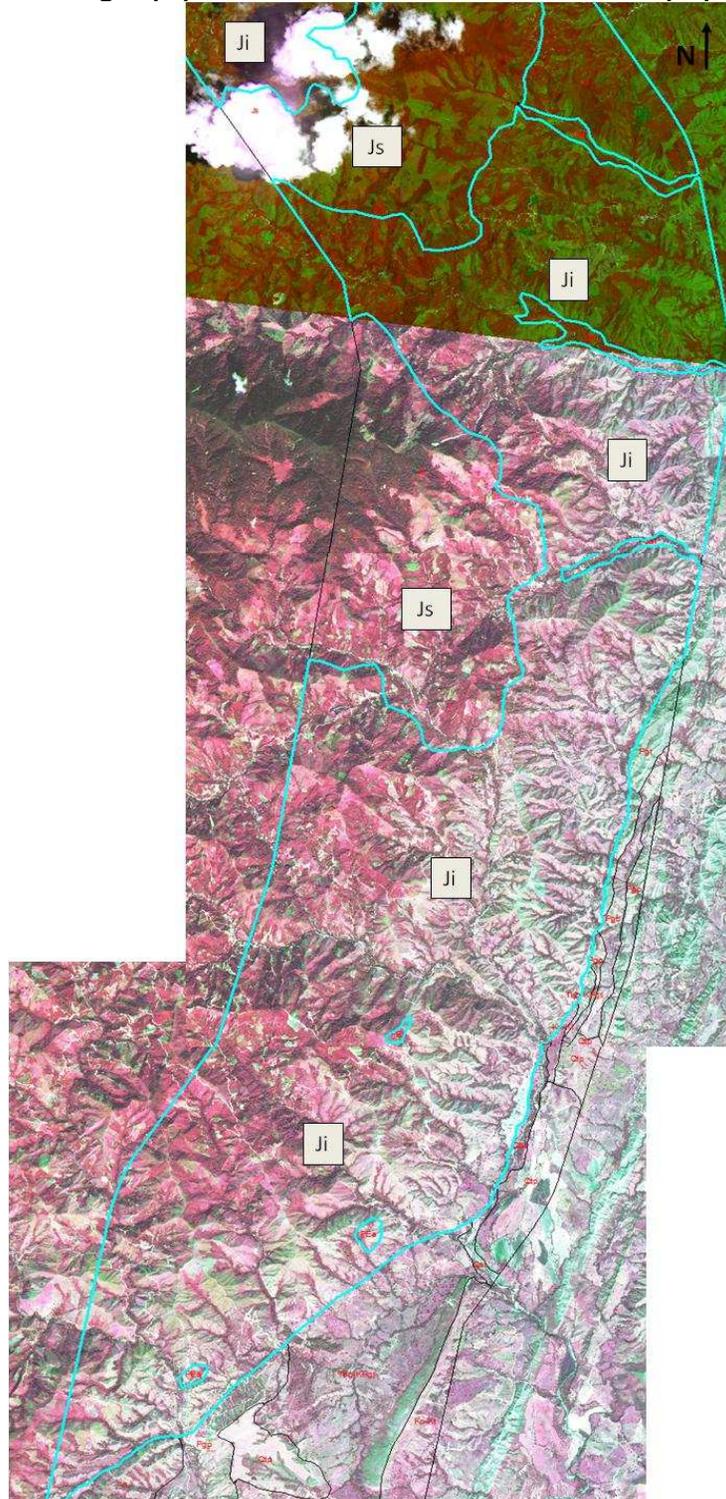
El cuarzo es incoloro, traslucido, de hábito cristalino y no presenta alteración; las plagioclasas son de color blanco y hábito cristalino, probablemente de composición cálcica, dada la asociación mineral y la carencia preliminar de feldespatocalcino. La biotita presenta un color negro pardo oscuro, brillo vítreo, hábito laminar, se presenta en mayor porcentaje que el anfíbol, el cual es de color negro, brillo predominantemente mate y en algunos cristales es vítreo, hábito prismático, posiblemente hornblenda. También se identificó epidota como mineral de alteración, presente en un porcentaje menor al 5% (Tabla 3).

Dado que el contenido normativo de cuarzo es superior al 20%, pero inferior al 60% y no se identificó feldespatocalcino, la clasificación preliminar de la muestra colectada es Tonalita (Streicken sen 1976).

33 Sillitoe et al., 1982. Tomado de INGEOMINAS. Geología de la Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

34 Priem et al. 1989. Tomado de INGEOMINAS. Geología de la Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

**Figura 5 Batolito del bagué (Ji) en contacto con Formación Saldaña (Js)**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010)

**Foto**

**9** En la imagen a la izquierda se muestra un ejemplo del Batolito del bagué (Ji), en la imagen a la derecha se muestra un detalle de las plagioclasas y las hornblendas, también se observa epidota



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la zona del río Hereje el Batolito del bagué (Ji) constituye la litología predominante hasta aproximadamente el flanco occidental del páramo Meridiano, donde la roca es una tonalita biotítica, dura, masiva, también granodiorita (Foto 10), susceptible al desprendimiento de grandes bloques y conformación de depósitos coluviales a media ladera localizados en gran parte de las laderas que conforman esta zona.

**Foto**

**10** Afloramiento del Batolito del bagué (Ji) localizado en la vía de acceso al páramo Meridiano



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Complejo Barroso–Amaime (Kiba/Jka)

Consta de basaltos almohadillados, diques y piroclásticas básicas. Se presentan delgadas intercalaciones de rocas sedimentarias con metamorfismo incipiente (Tabla 3).

La Formación Amaime (Jka), anteriormente fue conocida como parte del Grupo Diabásico de Nelson (1962b), el nombre actual fue propuesto por McCourt et al (1984). Se localiza al largo del flanco occidental de la Cordillera Central en contacto fallado con las rocas metamórficas paleozoicas por la falla principal del Sistema Romeral. Consiste en una secuencia de lavas basálticas, almohadilladas, de origen oceánico característicamente 35 (Tabla 3).

En el área de influencia del proyecto aflora a manera de una franja que se extiende de sur al norte en dirección NNE cruzada por la línea entre los sitios de torre T306-V2a T321-V2, en terrenos del municipio de Pradera (Foto 11), donde en el talud de la carretera a la vereda La Carbonera (punto GPS MJ08), afloran diabasas de color pardo amarillento a pardo rojizo y ocre, altamente fracturadas y meteorizadas (Foto 11), con desarrollo de suelos residuales arcillosos, de color naranja.

#### Foto

**11 Afloramiento de diabasas altamente fracturadas y meteorizadas, talud carretera vereda La Carbonera, punto GPS MJ08**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Rocas intrusivas (Ki) 36

35 INGEOMINAS. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar, Plancha 300 de Cali. Bogotá, 1985.

36 INGEOMINAS. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar Plancha 300 Cali. Bogotá, 1985.

Rocas intrusivas no diferenciadas (ver Tabla 3), determinadas por geofísica. Corresponden a cuerdas que afloran generalmente asociadas al sistema de fallas Romeral en la vertiente occidental de la Cordillera Central, en terrenos del municipio de Pradera; uno de estos cuerpos se cruzado por la línea en vano entre los sitios de torre T305-V2 y T306-V2, y por su menor tamaño no pudo diferenciarse en los taludes de la vía Pradera–Bolo Azul.

### **Formación Caballos (Kc)**

En los recorridos de campo se encontraron afloramientos que permitan hacer una descripción de las características de esta unidad litológica, por tal motivo se presenta a continuación la descripción litológica con base en la información secundaria disponible (Tabla 3).

La Formación Caballos (Kc) “está constituida en su parte inferior por arenitas líticas cuarzo-feldespáticas de gran medio y conglomerático, hacia la base, con intercalaciones de arcillolitas bien laminadas de color gris oscuro a negro. El segmento intermedio consta de 85 metros de arcillolitas grises oscuras a negras, con intercalaciones potentes de cuarzo-arenitas de gran grueso hasta fino en la parte superior. El conjunto superior consta de cuarzo-arenitas intercaladas con delgados niveles de arcillolitas laminadas con un espesor total de 60 metros”<sup>37</sup>.

La estratificación es en capas delgadas, no paralelas a levemente onduladas, discontinuas, alternando con capas gruesas de calizas micríticas y esparíticas, de color gris claro, muy fosilíferas; los fósiles son conchas delgadas de ostras, afectadas en su mayoría, por perforaciones de otros organismos.

El contacto inferior es discordante y se ubica en la base de la primera capa de areniscas cuarzosas, dispuestas sobre las areniscas tobáceas de la Formación Saldaña (Js). El contacto superior con la Formación Hondita (Kh) es concordante transicional. Vergara (1994)<sup>38</sup> ubica la Formación Caballos (Kc) en el intervalo Albiano inferior a medio basado en la microfaua recolectada; se considera de edad Aptiano–Albiano.

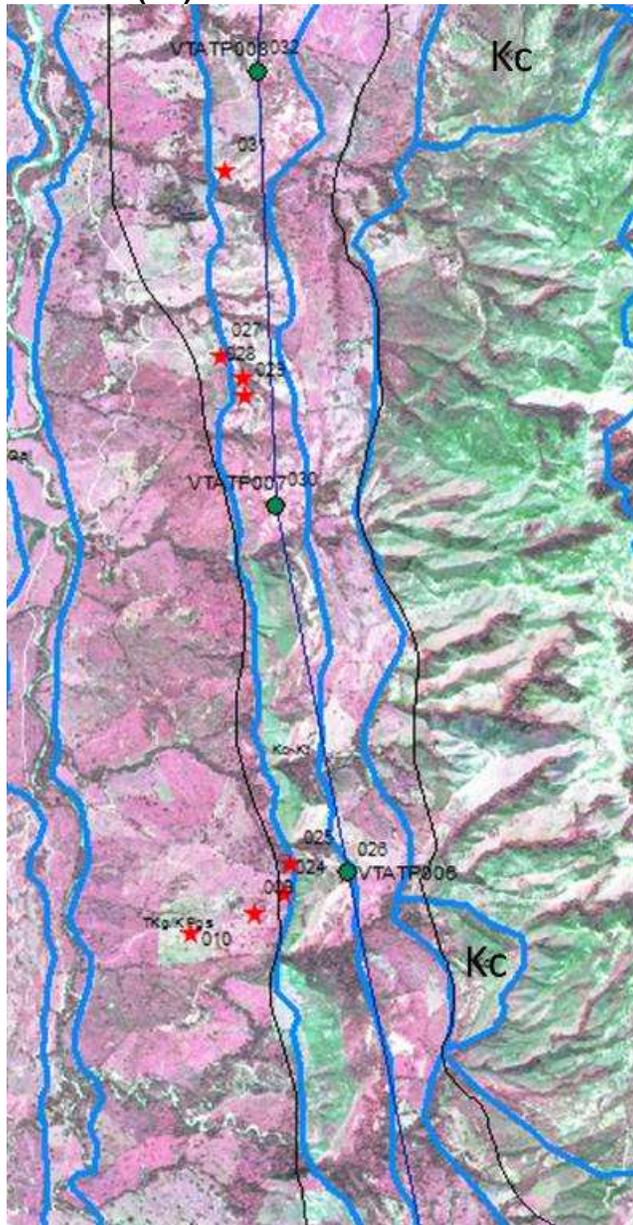
La unidad se ubica en la vertiente oriental de la Cordillera Central, como franjas en sentido NE-SW, se cruzado por el área de influencia del proyecto en el municipio de Tesalia, haciendo parte del núcleo del anticlinal de La Hocha (Figura 6), entre los sitios de torre T12 a T14 y transcurre paralelo a la línea de influencia indirecta entre los sitios de torre T15 a T32.

Adelante del sitio de torre T10, el terreno en rocas de la Formación Caballos (Kc) presenta escasa cobertura vegetal y es susceptible de erosión en surcos y riales (Figura 7).

<sup>37</sup> INGEOMINAS. Mapa Geológico de Colombia Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá. 2002.

<sup>38</sup> Vergara (1994). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

Figura 6 Formación Caballos (Kc)



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010), modificado por Consultoría Colombiana (2.013)

**Figura 7 Formación Caballos (Kc), susceptible de erosión en riales y surcos**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

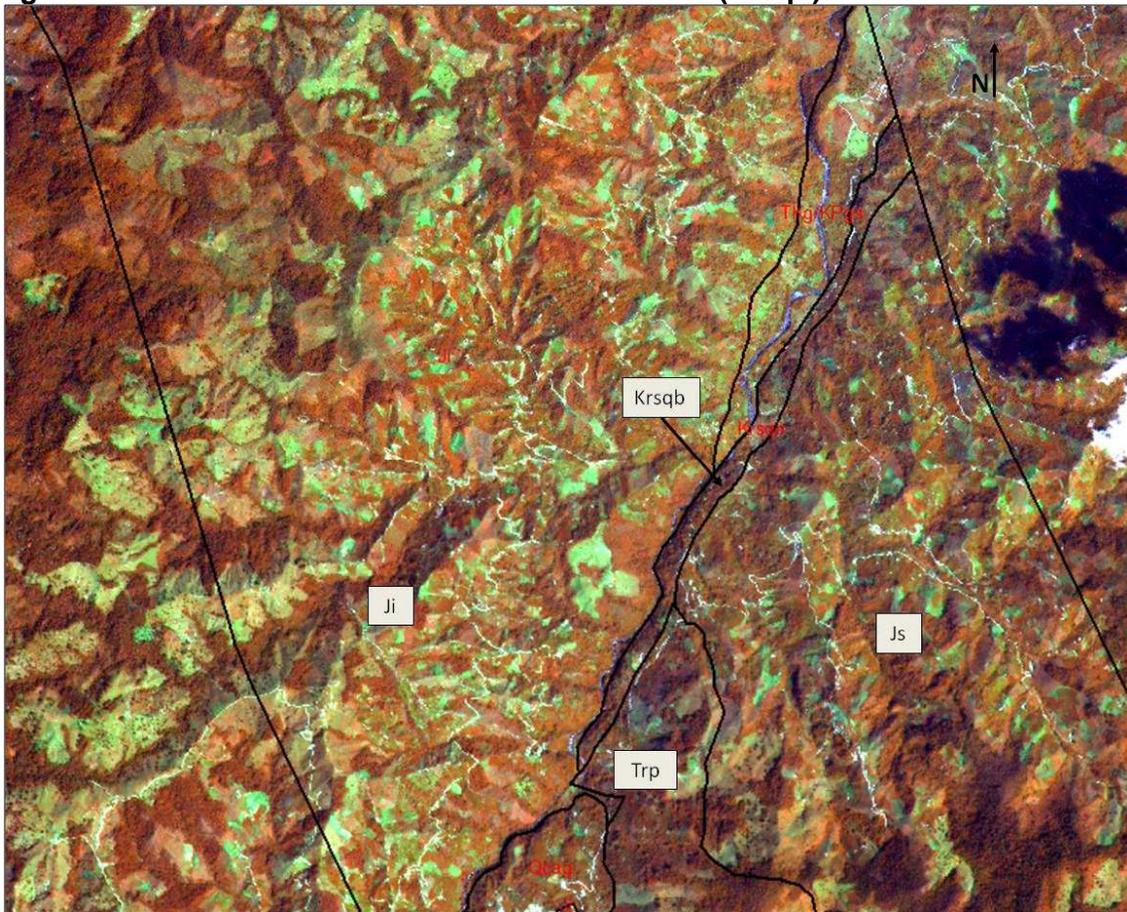
### **Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco (Krsqb)**

Corresponde a cuatro conjuntos con un espesor total de 600 a 700 m. La secuencia es de arenisca cuarzosa de matriz calcárea, granofino a medio, con glauconita y estratificación plana paralela, continua e inclinada; niveles de shales con concreciones de ruedas de carretas; shales negros, localmente ricos en óxidos de hierro, en capas delgadas y medias, intercaladas con calizas grises y niveles de cherty limolitas negras, no fósiles (Tabla 3).

El límite de las Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco (Krsqb) con las formaciones Saldaña (Js) y Luisa (Trl), es discordante, y se considera en contacto fallado con la suprayacente Formación Seca (Kps), Figura 8. Con base en fauna fósil, Etayo-Serna, Núñez (1987)<sup>39</sup>, le asignaron una edad Albiano-Campaniano. El mismo autor sume para la parte inferior y superior de la secuencia, una edad Aptiano y Maastrichtiano, respectivamente.

<sup>39</sup> Etayo-Serna, Núñez (1987). Tomado de INGEOMINAS. Geología de la Plancha 322 Santa María. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

**Figura 8 Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco (Krsqb)**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010)

Esta unidad aflora en el eje de la Cordillera Central a escasos metros al oeste del municipio de Planadas, como un cuerpo alargado de dirección NNE-SSW, en donde se presenta una de sus mejores exposiciones; consta de shales y lutitas negras, en capas finas a medias con estratificación planoparalela, fuertemente fracturada por la influencia de la Falla de Avimara 40, presentando datos estructurales erráticos, con rumbo predominante de  $N30^{\circ}W$  a  $N30^{\circ}E$ , y buzamiento promedio de  $30^{\circ}E$ . También se identificó al sur, en la vía Planadas-Gaitania; cruzada en vano por la línea de transmisión Tesalia-Alfárez 500V entre los sitios de torre T153 y T154.

La Falla Avirama es una falla de carácter inverso, inferida por la deformación de la Formación Caballos (Kc) localizada al este, por fuera del área de influencia indirecta del proyecto; para esta falla también se infiere un componente de rumbo importante, dada la formación de las cuñas del Batolito del Bagué (Ji), al sur del municipio de Gaitania 41.

40 INGEOMINAS. Geología de la Plancha 322 Santa María. Escala 1:100.000. Bogotá, 1999, Versión digital 2010.

41 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 322 Santa María. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá. 2003.

### Foto

**12** Afloramiento de las Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco (Krsqb), al oeste del municipio de Planadas (imagen a la izquierda); laminación plana paralela de las capas de los shale calcáreos que conforman esta unidad (imagen a la derecha)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

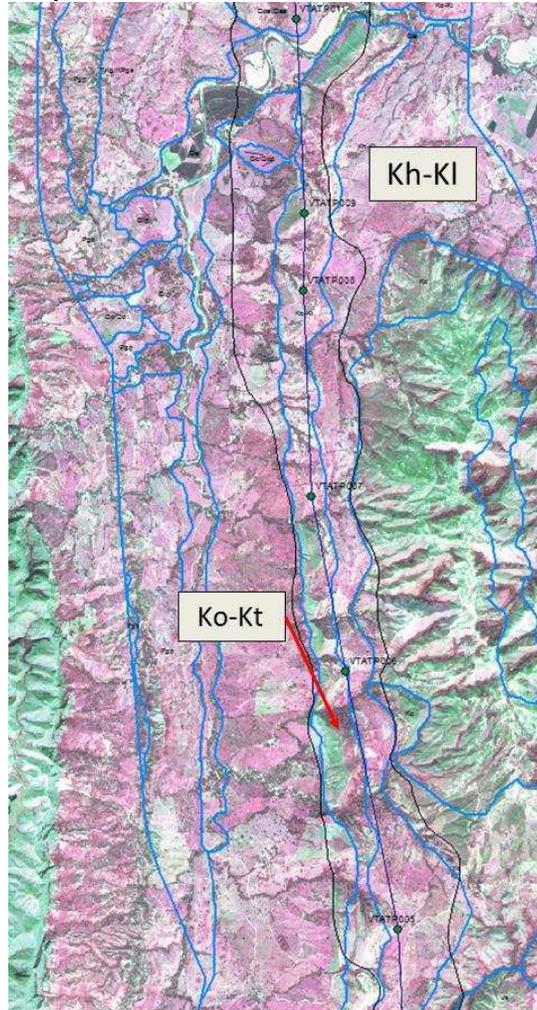
### Formación Hondita–Formación Loma Gorda (Kh–Kl)

En esta unidad litológica se localizan los tramos de la línea Tesalia–Alfárez entre los sitios de torre T15 a T19, T23 y T24 (Figura 8), este último en cercanías del contacto con el Grupo Olini–Formación La Tabla (Ko–Kt). En los recorridos de campo se encontraron afloramientos que permitan hacer una descripción de las características de esta unidad litológica, por tal motivo se presenta a continuación la descripción litológica con base en la información secundaria disponible.

Las formaciones Hondita (Kh) y Loma Gorda (Kl) fueron descritas por Porta (1965). La Formación Hondita corresponde a una sucesión de 90 m de intercalaciones de calizas arenosas, lutitas y shales, con presencia de concreciones calcáreas hasta de 2 m de diámetro (Tabla 3). Se llama Formación Loma Gorda (Kl) a una secuencia de shales y lutitas con grandes concreciones calcáreas, de forma discoidal conocidas como "ruedas de carreta", y niveles de chert intercalados con arenitas de gran fino hacia el top de donde se encuentran capas delgadas de lutitas intercaladas con chert, con abundantes foraminíferos y capas delgadas de arenitas fosfáticas<sup>42</sup>. Barrero & Vesga (1976) utilizaron esta denominación en la cartografía de las rocas sedimentarias Cretácicas, en el extremo norte del Valle Superior del Magdalena, donde agruparon estas formaciones debido a la imposibilidad de distinguir afloramientos correspondientes a las formaciones Loma Gorda (Kl) y Hondita (Kh), de forma separada, por cuanto esta secuencia se encuentra generalmente cubierta y muy replegada (Figura 9).

<sup>42</sup> INGEOMINAS. Mapa Geológico de Colombia Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá. 2002.

**Figura 9 Formación Hondita–Formación Loma Gorda (Kh-Kl) y Grupo Olini–Formación La Tabla (Ko-Kt)**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010), modificado por Consultoría Colombiana (2.013)

**En la Foto**

13 muestra el contraste de montañas estructurales erosionales que desarrollan la unidad Formación Hondita–Formación Loma Gorda (Kh-Kl), de relieve suave, laderas largas, pendientes aproximadamente del 20% y estratificación W. Hacia el norte se observan montañas altas estructurales erosionales, desarrolladas sobre areniscas de la Formación Caballos (Kc). La Foto 14 muestra hacia el SE del sitio de observación GPS005, el contacto entre la Formación Hondita-Loma Gorda (Kh-Kl) y la Formación Saldaña (Js).

**Foto 13** Panorámica de la unidad Formación Hondita–Formación Loma Gorda (Kh-Kl), en contacto con rocas de la Formación Caballos (Kc)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 14** Panorámica al SE del punto de observación GPS005, que muestra el cambio morfológico entre la Formación Hondita–Formación Loma Gorda (Kh-Kl) y la Formación Saldaña (Js)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt)**

Grupo Olini (Ko). Su nombre fue introducido por Petters (1954, en Julivert, 1968)<sup>43</sup>, sin presentar una descripción litológica completa, pero indicó tres miembros: Lower Chert, Upper Sandstone Member y Upper Chert Member y ubicando a los dos últimos especies nuevas de foraminíferos. Hubach (1957)<sup>44</sup> extendió el nombre para el Valle Superior del Magdalena y el área de Girardot–Guataquí.

Formación La Tabla (Kt). Definida originalmente por De Porta (1965)<sup>45</sup>, consta de areniscas curvas, predominantemente hacia la base y el techo, que alternan con lutitas grises. La parte media consiste principalmente de lutitas con pequeñas intercalaciones de arenas; las areniscas del tope poseen conglomerados de cantos de cuarzo, lodolitas silíceas y cherts.

43 Petters (1954, en Julivert, 1968). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón, Memoria Explicativa. Escala 1:100.000, 2001.

44 Hubach (1957). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón, Memoria Explicativa. Escala 1:100.000, 2001.

45 De Porta (1965). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón, Memoria Explicativa. Escala 1:100.000, 2001.

Por la complejidad tectónica estas unidades litológicas se presentan como una sola unidad, que corresponde a lodolitas silíceas, limolitas blancas y niveles de chert negro y gris, estratificados en capas muy delgadas a medias, separados por paquetes de areniscas cuarzosas blancas, con bajo porcentaje de glauconita y moscovita, que varían de gran medio a fino, algunas veces mal cementadas y ocasionalmente con cementos silíceo o calcáreo (Tabla 3). Las areniscas se presentan en capas gruesas a muy gruesas, separadas por niveles delgados de limolitas blancas amarillentas con foraminíferos. Hacia la base los paquetes de areniscas presentan restos de peques y son levemente fosfáticas. El nivel superior de litas delgadas y aflora en muy pocas partes; por este motivo es difícil separar las areniscas de la parte intermedia del Grupo Olini (Ko) de aquellas de la Formación La Tabla (Kt).

El contacto inferior, con la Formación Loma Gorda (KI), es concordante neto, marcado por la aparición de una capa de chert negro. El contacto superior con la Formación Seca (Kt) no se observa claramente en el área. Vergara (1994)<sup>46</sup>, con base en microfósiles, asigna el Grupo Olini (Ko) al Santoniano –

Campaniano tardío. La Formación La Tabla (Kt) fue datada mediante asociación de foraminíferos como Maastrichtiano (Julivert, 1968)<sup>47</sup>.

El Grupo Olini (Ko), litológicamente está compuesto por shale calcáreo de color negro, dispuestos en capas delgadas a medias, con intercalaciones de areniscas de gran fino, en capas muy finas, con esporádicas intercalaciones de limonitas calcáreas (Foto 15). Estructuralmente la unidad presenta basculamiento, con un rumbo de N30°E, y un buzamiento promedio de 25°W, aproximadamente, encercanías a la Falla de Yaguara.

La Falla de Yaguara es una falla de cabalgamiento de cobertura delgada convergencia al este y dirección hacia el NNW. Tiene un alongitud de 12 km y coloca rocas del Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt) sobre las arcillas de la Formación Seca (KPgs).

46 Vergara (1994). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón, Memoria Explicativa. Escala 1:100.000, 2001.

47 Julivert, 1968. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón, Memoria Explicativa. Escala 1:100.000, 2001.

**Foto 15 Aforamientos entaludes de la vía Yaguara-Iquira: Grupo Olini (Ko) en la imagen a la izquierda, shales calcáreos con delgadas intercalaciones de areniscas de gran fino en la imagen a la derecha**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Formación La Tabla (Kt) se presenta como cuarzo areniscas de gran fino, dispuestas en capas medias, con intercalaciones de lutitas y limonitas negras, en capas medias finas (Foto 16). En el área de influencia del proyecto, la cartografía de la unidad presenta límites, al poseer un espesor aproximado de 85 m; razón por la cual, en la cartografía geológica fue asociada con el Grupo Olini (Ko), ya que con este presenta afinidad litológica 48. Se trata en el caso del Grupo Olini (Ko) de unidades de gran fino, con contenido de lutitas de color gris y negro, a diferencia de la unidad que la suprayace, la Formación Seca (KPgs), que presenta principalmente arcillas y lutitas rojas.

**Foto 16 Afloramiento de la Formación La Tabla (Kt), entalud de la vía Yaguara-Iquira**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Sobre esta unidad litológica se ubican los sitios de torre T2, T25a T40 (Foto 2), los cuales van en el mismo sentido (NS) del rumbo estructural de la roca. El Grupo Olini-

48 INGEOMINAS. Mapa Geológico de Colombia Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá. 2.002.

Formación La Tabla (Ko-Kt) hace parte del flanco occidental del denominado anticlinal de La Hochay morfológicamente corresponde a un relieve de montañas que sobresale de las unidades litológicas que los suprayacen (Formación Seca, KPgs) y lo infrayacen (Formación Hondita–Formación Loma Gorda, Kh-Kl).

En el sitio GPS007, se identificó como una floramiento de arenas de gran fino, frágiles, color crema con taladres de rosas y estratificación  $160^{\circ}/35^{\circ}$  SW (Foto 17); a lo largo de la carretera se presentan deslizamientos inactivos.

#### Foto 17 Afloramiento Grupo Olini–Formación La Tabla (Ko-Kt)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Foto 18 se reconoce el contacto entre rocas competentes del Grupo Olini–Formación La Tabla (Ko-Kt), las cuales desarrollan un relieve de montañas estructurales erosionales altas, marcando un fuerte contraste con la Formación Seca (KPgs), que corresponde a un relieve de lomas estructurales erosionales, con un paisaje de lomas y colinas, donde se observa levemente la estratificación. Hacia el costado occidental se identifica el relieve sobresaliente que corresponde a rocas de la Formación Palermo (Pgp).

**Foto 18 Vista panorámica del contacto entre rocas del Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt) y la Formación Seca (KPgs), GPS0079**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Formación Seca (KPgs)**

Consiste en intercalaciones de capas finas a medias de arcillolitas de color rojizo y esporádicas de amarillo quemado, intercaladas con capas de limo o arenas de gran fino a medio, dispuestas en capas finas a medias. No presenta estructuras reconocibles y las capas se disponen en una estratificación plana paralela (Tabla 3, Foto 19).

**Foto 19 Arcillolitas de la Formación Seca (KPgs), al sur del municipio del Quira**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La parte inferior de la unidad está constituida principalmente por arenas y lodolitas de tonos rojizo y verdosos. Al sur de la población de Teruel, se encuentran intercalados algunos niveles con conglomerados, vulcanitas y otros líticos. La parte superior de la unidad es más arenítica, y en ella las capas arenosas tienen espesores hasta de 5 metros, en secuencias claramente de gran decrecimiento. Sus colores gris verdoso y poseen matriz arcillosa. El espesor estimado es de 550 metros.

El contacto inferior con la Formación La Tabla (Kt) es de carácter neto, y se define con la aparición del primer paquete de cuarzo arenitas de color gris crema de la Formación La Tabla (Kt). El contacto superior es discordante, marcado en la última capa de arenisca de color gris oscuro, que infrayace la arenisca de gran medio a conglomerático, de tonos rojizo con que se inicia el Grupo Chicora I. La edad es Maastrichtiano-

Paleoceno, teniendo en cuenta los datos aportados por Porta (en Julivert, 1968)<sup>49</sup> y se puede correlacionar por su edad y posición estratigráfica, con las formaciones Teruel y San Francisco, pertenecientes al Grupo Guadalupe de Beltrán & Gallo (1968)<sup>50</sup> y con la parte inferior de la Formación Guaduas, de la cuenca de Bogotá (Sarmiento, 1993 A y B)<sup>51</sup>.

La unidad aflora en el Valle Superior del Magdalena, escruzada por el área de influencia del proyecto cuando conforma parte del flanco occidental del anticlinal de La Hocha, donde se caracteriza por un relieve más bajo que las formaciones que la limitan al oriente, Formación Hondita – Formación Loma Gorda (Kh-Kl) y Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt); se identifica estratificación leve orientada en dirección N-S (Figura 10).

**Figura 10 Formación Seca (KPgs)**



Fuente: Google Earth: Imagen Geoeye, 1969; Geología: Ingeominas (2.010), modificado por Consultoría Colombiana (2.013)

49 Julivert, 1968. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

50 Beltrán & Gallo (1968). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

51 Sarmiento, 1993 A y B. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

Al sur del municipio del Quirayal al occidente del sitio de torre T41, esta unidad litológica presenta escares pronunciados, como se evidencia en la Foto 20; también conforme a la litología de los terrenos del área de influencia indirecta localizados al occidente, entre los sitios de torre T17 a T39 (Foto 21).

**Foto 20** Capas de la Formación Seca (KPgs), buzado hacia el oeste, al sur del municipio del Quirayal



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el flanco occidental del anticlinal de La Hocha, al occidente del sitio de torre T23, se identificó como afloramientos de arcillas rojizas a café rojizas, altamente fracturadas (Foto 21).

**Foto 21** Arcillolitas rojizas que hacen parte de la Formación Seca (KPgs)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Es común encontrar sobre estas rocas sedimentarias, coberturas de depósitos de la dera, provenientes de rocas más competentes como son el Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt), como se ilustra en la Figura 11 del numeral 3.2.1.2 Área de influencia directa.

### Grupo Chicoral<sup>52</sup>

En la zona en estudio se acoge el término Grupo Chicoral, aplicado en las subcuencas de Neiva, del Valle Superior del Magdalena, debido a que en la zona de Palermo esta unidad difiere del Grupo Gualanday en espesores, estratigrafía y posiblemente en edad.

El Servicio Geológico Nacional (Raasveldt, 1956)<sup>53</sup> correlaciona al Grupo Chicoral con la Formación Gualanday Inferior (Tmgi), perteneciente a la Subcuenca de Girardot. El Servicio Geológico Nacional (1959)<sup>54</sup>, correlaciona las formaciones Palermo (Pgp), Baché (Pgb) y Tesalia (Pgt) con las formaciones Gualanday Inferior, Medio y Superior, respectivamente. Van Houten & Travis (1968)<sup>55</sup> y Anderson (1972)<sup>56</sup>, proponen la correlación de las unidades que corresponden con el Grupo Chicoral de la Subcuenca de Neiva, con la Formación Gualanday Inferior (Tmgi) de la Subcuenca de Girardot (Figura 11).

**Figura 11** Equivalencia de unidades sedimentarias del Neógeno, Paleógeno, parte del Maastrichtiano, en el Valle Superior del Magdalena

EDAD	Porta (1965)	Servicio Geológico Nacional, 1959	CORRIGAN (1967)	BELTRAN AND GALLO (1968)	LAVERDE (1989)	Plancha 344 Tesalia
NEÓGENO	Grupo Honda	Grupo Honda	Grupo Honda	Grupo Honda		Grupo Honda
	Formación Santa Teresa	Gualanday Superior	Formación Doima	Formación Barzalosa	Formación Doima	Formación Doima
PALEÓGENO	Formación San Juan de Río Seco	Gualanday Medio	Formación Potrerillo	Formación Poterillo	Formación Poterillo	Formación Poterillo
	Formación Hoyón	Gualanday Inferior	Formación Chicoral	Formación Tesalia	Formación Tesalia	Formación Tesalia
				Formación Baché	Formación Baché	Formación Baché
Formación Palermo			Formación Palermo	Formación Palermo	Formación Palermo	
MAASTRICHTIANO	Formación Seça	Formación Guaduas	Formación Guaduas	Formación Teruel	Formación Teruel	Formación Seça
				Formación San Francisco	Formación San Francisco	

Fuente: INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia, Memoria Explicativa. Figura 23

La alternancia de conglomerados y arenas reflejan intermitencias en el levantamiento del área de aporte, desde la Cordillera Central (Anderson 1972; Guillan 1988)<sup>57</sup>. La composición clástica

52 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

53 Raasveldt, 1956. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

54 Servicio Geológico Nacional (1959). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

55 Van Houten & Travis (1968). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

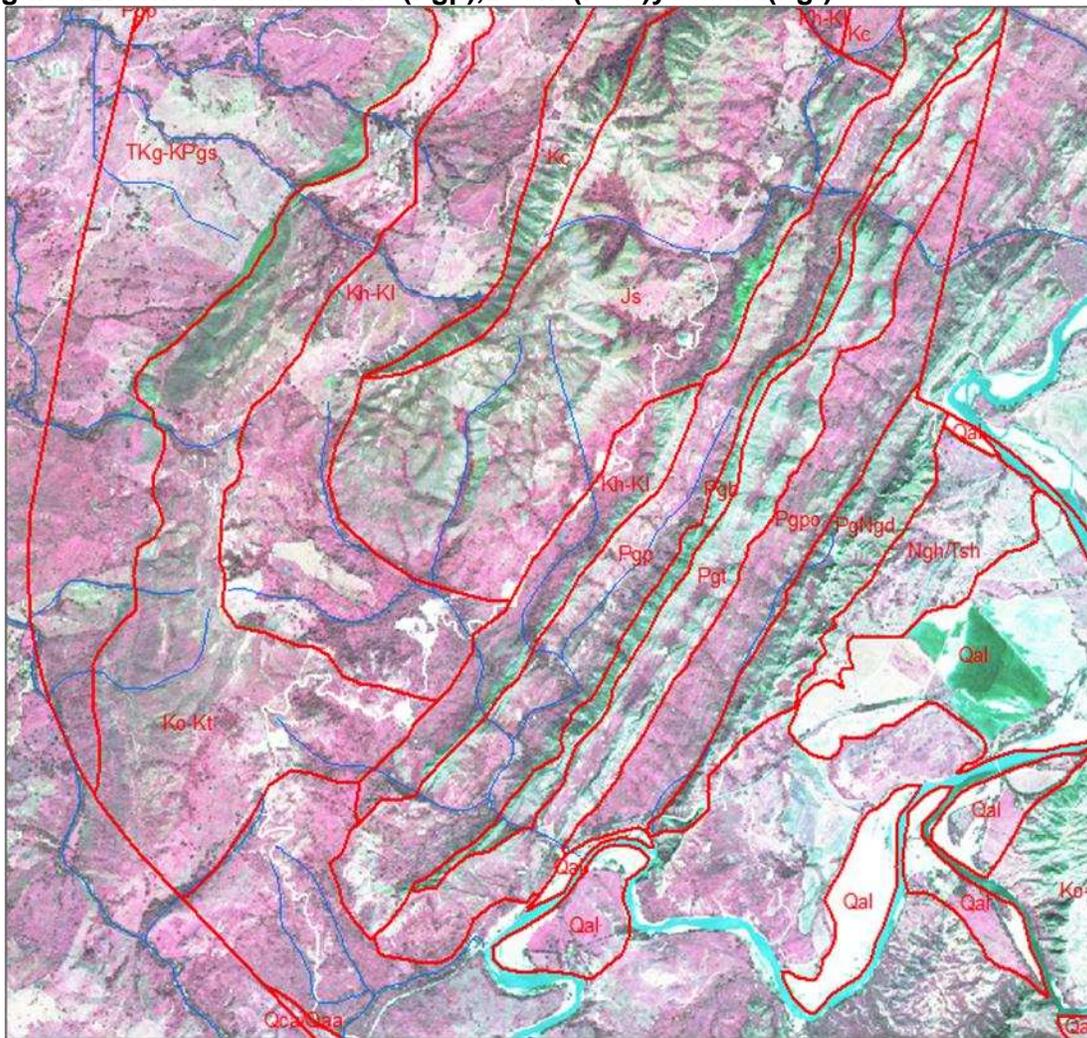
56 Anderson (1972). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

57 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

aindicaqueelaporteprovienederocasdelCretáceoprincipalmentedelaCordilleraCentralenel oeste,elincrementodecuarzohaciaeltechoparecedebersealacontribucióndelbasamentocri stalinointensamentemeteorizado.

ElGrupoChicoralafloreaenelValleSuperiordelMagdalena,susformacionessoncruzadasalas alidadelSubestaciónTesalia230kVhaciendopartedelsinclinatTesalia;secaracterizaporsu estratificación,conformandofrentesestructuralesparalelosalaFallaBetania(Figura 12).

**Figura 12 Formaciones Palermo (Pgp), Baché (Pgb) y Tesalia (Pgt)**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010), modificado por Consultoría Colombiana (2.013)

### **Formación Palermo (Pgp)**

Es una unidad constituida por conglomerados matriz soportados, granodécrites de base atech, de color café rojizo, masivos, dispuestos en capas muy gruesas (espesor mayor a 3m). Com puestos de chert, de colores negro, gris y pardo, con esporádicos fragmentos de cuarzo, el tamaño

opromediodelosfragmentosesde10cm;lamatrizesdegranogrueso,conunafracciónarcillosa,decomposiciónpredominamentecuarzosa;elcementoessilíceo–ferruginoso(Tabla3).

Losconglomeradosestándispuestosencapasmuygruesas,encuñaylenticularyconestratificacióncruzadadebajoánguloagranescala;loscontactossonerosivosylaseparaciónentrecapassonnivelesmuydelgadosdelodolitasrojizasypaleosuelos(Figura 12).

Launidadafloiraconlas característicasdescritas,entrelossitiosdetorreT48aT57,cubiertapord epósitoscuaternariosdeorigenaluvialycoluvialentrelossitiosdetorreT48yT47y porunaterraz apumíticaentrelossitiosdetorreT52aT54.

### **FormaciónBaché(Pgb)**

Estáconstituidaporarcillolitas,conglomeradosyareniscas(Tabla3).Lasarcillolitassondecolorrojoyenmenorproporciónamarillentas,grisesygrisesverdosas;porsectorestienenfragmentosdecuarzotamañoarenagruesa;sepresentancanalesdeconglomeradosconestratificación cruzadaycontactoserosivos;losconglomeradosestáncompuestosporquijosfinosamediosdechertycuarzoysuelenconvertirseencapashastade5mdeespesor.Lascapasmedianasdeareniscasqueseintercalanenlasecuenciasonarcillosas,sublíticas,decolorgrisyrojizo,degrano finoaligeramenteconglomerático,medianamentecementadas.Loscontactossonerosivosentrearcillolitasyconglomeradosyentreestosylaarenasongraduales(Foto 21).

Elrelieveesdemontañasestructuralesmásbajasquelasunidadeslitológicasquelasuprayacen(FormaciónPalermo,Pgp)einfrayacen(FormaciónTesalia,Pgt).Yaquerespondearocas pococompetentesconformadasporinterestratificacionesdearcillolitasyareniscas,pardorojizas,friables(Foto 22).

EstaunidadlitológicaescruzadaporlalíneadetransmisiónTesalia–Alférreza230kVenelvanoentrelossitiosdetorreT4N–T5(Foto 22).

### Foto 22 Afloramiento de arcillo litas y areniscas, Formación Baché (Pgb)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Formación Tesalia (Pgt)**

Conformada por una secuencia de conglomerados polimícticos estratificados en capas muy gruesas lenticulares, separadas por niveles de areniscas en capas delgadas a medias (Tabla 3). Los conglomerados están compuestos por guijos de cuarzo lechoso, chert negro, pardo y gris, con matriz de arena fina y cemento ferruginoso. Las areniscas son cuarzosas, de tonos rojizo y amarillento, de grano fino a conglomerático, localmente arcillosas, con gradación normal e inversa. Los contactos entre las capas de conglomerados y areniscas son netos, paralelos a levemente ondulados. Por su morfología, esta unidad sobresale en el área, pues presenta escarpes de más de 20 m, que corresponden a la espesor total de la unidad.

Esta unidad litológica se identificó en el sitio GPS 014, por afloramientos de conglomerados de color gris claro a medio, con 80% de clastos subredondeados de cuarzo y chert, de 3-5 cm de diámetro promedio, frágil, deleznable y susceptible a erosión en surcos y cárcavas. Pueden presentar también estratos de areniscas de grano medio a medio, grises, bandeadas, frágiles (estratificación N50°E/subvertical a lase), Foto 23.

### Foto 23 Afloramiento Formación Tesalia (Pgt), GPS014



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Las rocas del Grupo Chicoral han sido reportadas por varias compañías petroleras (en Beltrán & Gallo, 1968) 58, con base en dataciones palinológicas, como del Eoceno superior, en la Subcuenca de Girardoty del Eoceno al Oligoceno en la Subcuenca de Neiva, del Valle Superior del Magdalena.

Esta unidad litológica es cruzada por la línea de transmisión Tesalia – Alférez a 230 kV entre los sitios de torre T3NaT4N.

### Formación Potrerillo (Pgpo)

Mediante este nombre se designa una unidad básicamente arcillosa, de coloración rojiza, con intercalaciones de areniscas conglomeráticas y algunos shales, que hace parte de los flancos de la inclinación Tesalia.

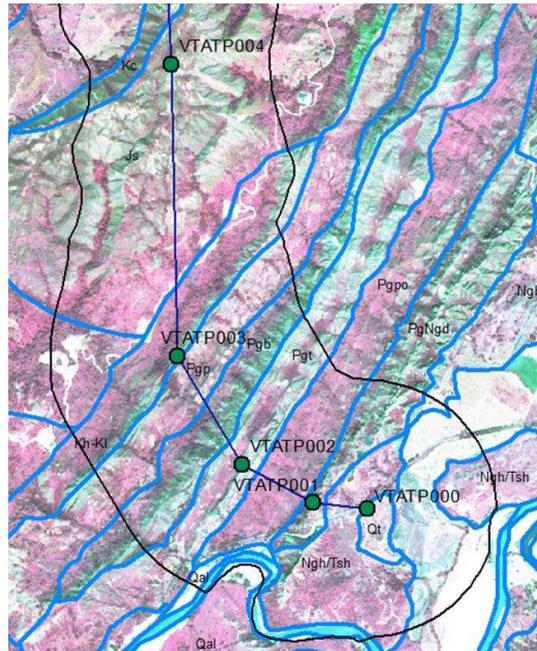
Está constituida por una alternancia de arcillolitas, lodolitas, areniscas, areniscas lodosas y conglomerados arenosos; predominan las arcillolitas y lodolitas de coloración roja y violácea; a veces se presentan moteadas de color gris blanco y cuzco, en capas gruesas a muy gruesas, con fragmentos de cuarzo. Las areniscas son de colores gris, rojizo y amarillento, de grano fino a ligeramente conglomeráticas, con gradación normal; conformadas por chert negro, fragmentos de vulcanitas y plutonitas, en matriz arcillosa. Los conglomerados (escasos en la secuencia) están bien cementados, constituidos por guijos finos y medios, redondeados, principalmente de cuarzo y chert y en menor proporción fragmentos de vulcanitas; constituyendo intercalaciones lenticulares 59 (Tabla 3) hasta capas muy gruesas.

58 Beltrán & Gallo, 1968. Tomado de Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

59 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

La unidad aflora en el municipio de Tesalia donde hace parte de un frente estructural de dirección NE-SW afectado por la falla Betania, en la imagen de satélite se identifica por cambios en la reflectancia, los cuales presentan una tonalidad rojiza contrastante con las unidades litológicas con las que se encuentra en contacto, Formación Doima (PgNgd) y Formación Tesalia (Pgt), Figura 13

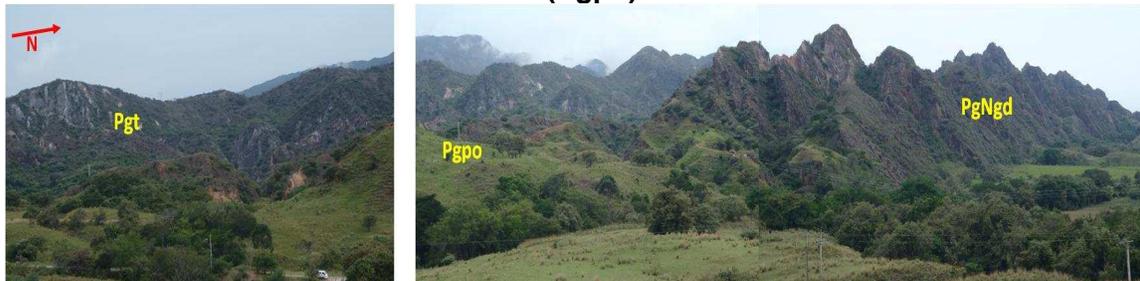
**Figura 13 Formaciones Potrerillo (Pgpo), Doima (PgNgd), Grupo Honda (Ngh) y depósitos aluviales**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010), modificado por Consultoría Colombiana (2.013)

Esta unidad litológica es cruzada en el vano entre los sitios de torre T2 a T3N, donde el relieve es de montañas estructurales más bajas que las unidades litológicas que las suprayacen (Formación Tesalia, Pgt) e infrayacen (Formación Doima, PgNgd), Foto 24.

**Foto 24 Panorámica Formación Potrerillo (Pgpo)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Formación Doima (PgNgd)

Constituida por conglomerados potentes, sin estratificación evidente, que constan de guijarros redondeados de cuarzo, chert negro, fragmentos de rocas intrusivas y metamórficas; también intercalaciones de dolitas rojas (Tabla 3). El contacto inferior con la Formación Potrerillo (Pgpo) es concordante y no está marcado donde aparecen los conglomerados potentes. El contacto superior es discordante con el Grupo Honda (Ngh), que cubre parcialmente los conglomerados con dolitas rojas con lentes conglomeráticos de chert negro 60.

Es difícil precisar la edad de la Formación Doima; normalmente se ubica en el Oligoceno-Mioceno inferior (Beltrán & Gallo, 1968)<sup>61</sup>.

La unidad aflora en el Valle Superior del Magdalena, municipio de Tesalia y el sitio de Torre T2 está ubicado sobre rocas de esta unidad litológica, donde afloran conformando un frente estructural de dirección NE y buzamiento al SE, por efecto de la falla Betania, como puede observarse en la Foto 25. Se caracterizan por su apariencia estratificada y orientación NE-SW, con una reflectancia que permite su diferenciación de la Formación Potrerillo (Pgpo), Foto 25.

#### Foto

#### 25 Panorámica de los frentes estructurales generados por rocas de las formaciones Doima (PgNgd), Potrerillo (Pgpo) y Tesalia (Pgt)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La unidad constituida por areniscas y conglomerados líticos de cuarzo, cherty fragmentos de roca, presentan muy escasos desarrollos de suelos y predominio de afloramientos rocosos, lo que la hace susceptible a movimientos en masa, tipos de deslizamientos planares como se observó en el sitio GPS13 (Foto 26).

Ib íd.

61 Beltrán & Gallo, 1968. Tomado de Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón.

### Foto 26 Afloramiento en carretera, Formación Doima (GPS013)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Grupo Honda (Ngh)

Se trata de una sucesión conformada en el nivel inferior por areniscas grawaquicas conglomeráticas de origen fluviolacustre, grises, con intercalaciones de limolitas rojizas. En la parte superior arcillolitás varicoloradas, con esporádicas intercalaciones de limolitas y lentes de conglomerados finos (Tabla 3). Las arenitas se presentan en capas potentes, son de gran medio grueso, están pobremente cementadas y tienen una composición principal de cuarzo, feldespato, líticos, biotita y anfíbol (Velandia et al. 1996)<sup>62</sup>. Sus colores gris verdoso o cremas presentan una textura conocida como "sal y pimienta". Los conglomerados afloran como lentes conformados por guijos de echer negro y cuarzo, principalmente. Las arcillolitás se presentan en capas gruesas que varían lateralmente a limolitas. Sus tonos característicos son rojizos y verdosos<sup>63</sup>.

Esta unidad reposa discordantemente sobre las sedimentitas de la Formación Doima (Pg Ngd) y su contacto se puede observar en el interior del Sinclinal de Tesalia. El contacto superior con la Formación Neiva es discordante (Rodríguez et al., en preparación)<sup>64</sup>. Según Guerrero (1993)<sup>65</sup>; la edad de esta unidad corresponde al Mioceno medio.

La unidad aflora en el Valle Superior del Magdalena, municipio de Tesalia donde hace parte del frente estructural que se desarrolla paralelo a la falla Betania (Foto 24). La Subestación Tesalia 230 kV y el sitio de torre T1, se localizan sobre un depósito de terraza aluvial del río Páez, delimitado por los sedimentos del Grupo Honda (Ngh), en esta área el terreno es de una morfología ligeramente inclinada, de forma terrazada; hacia el norte y occidente donde afloran las estructuras con clara desarrollo de laderas y contrapendientes estructurales (Foto 27 y Foto 28).

62 Velandia et al. 1996. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

63 INGEOMINAS. Mapa Geológico de Colombia Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá, 2002.

64 Rodríguez et al., en preparación. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

65 Guerrero (1993). Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

**Foto**
**27 Panorámica delosalrededoresdelsitiodondese proyectalaSubestaciónTesalia230kV**


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 28 Formación Honda (Ngh) en Subestación Tesalia 230kV y vértice VTATP000**


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Rocas Hipoabisales (Tad)<sup>66</sup>**

Durante los recorridos de campo se encontraron afloramientos que permitieron identificar esta unidad, por lo que su descripción se realiza con base en la información secundaria disponible.

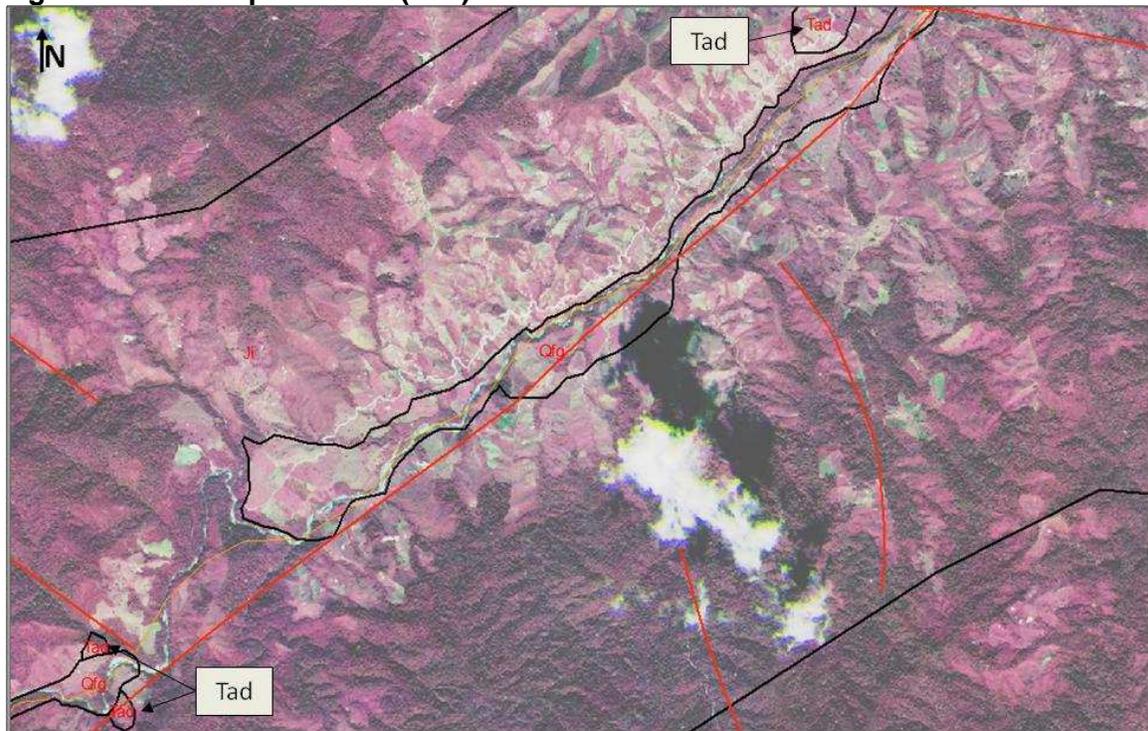
Bajo este nombre se agrupan cuerpos de dacita, andesita y granito, con texturas afanítica a porfirítica y fanerítica fina (Tabla 3); afloran como diques y plutones de poca extensión, generalmente de 1 km<sup>2</sup>. Su distribución muestra una ligera asociación con fallas geológicas. Algunas de estas intrusiones tienen mineralizaciones de pirita y calcopirita, generalmente en fracturas y muy cerca al contacto con el Batolito del Ibagué. Los diques son de espesor variable, entre 1–2 m y venas y venillas de composición cuarzo feldespática, comúnmente asociadas al Batolito del Ibagué (Ji).

Los cuerpos y diques dacíticos y andesíticos intruyen todas las rocas hasta el Batolito del Ibagué (Ji). Son considerados de edad Terciaria media superior (González 1976, Núñez, 1981; McCouerty et al., 1984)<sup>67</sup>.

66 INGEOMINAS. Geología de la Plancha 301, Planadas (departamento de Tolima). Escala 1:100.00, 1991.  
67 *Ibid.*

Estas rocas están cartografiadas en el límite municipal entre Planada y Río Blanco, asociadas a la falla Herrera, de dirección NE-SW; en imágenes de satélite nos reconocen rasgos que las diferencian del Batolito del Bagué (Ji) al que intruyen (Figura 14). El cuerpo más representativo se localiza en el vano entre los sitios de torre T206 y T207 y un cuerpo pequeño reportado al suroccidente del sitio de torre T246, para los cuales durante el recorrido de campo en la zona de los ríos Saldaña y Hereje, no se encontraron afloramientos que permitieran su identificación. No obstante según la información disponible para esta zona, pórfidos dacíticos y andesíticos cortan las rocas ígneas y metamórficas en forma de diques o cuerpos pequeños (Fig. 14).

**Figura 14 Rocas Hipoabisales (Tad)**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010)

### Depósito de Jerusalén (Qjer)

Depósito cuaternario de relleno ubicado entre los sitios de torre T118 a T142; la vía entre los municipios de Santa María y Gaitania lo cruza a una altura de 2400 m.s.n.m., es drenado al sur por la quebrada Jerusalén y al norte por el río Claro. Presenta predominantemente una morfología plana, de ealtiplano, razón por la cual se dificulta observar la litología de este depósito sedimentario; ocasionalmente la morfología es delomas y colinas, identificándose en las laderas abundantes procesos de reptación (Foto 29, Tabla 3).

68 Cortolima, INCODER, FONADE. Plan de manejo de los predios El Auxilio, El Auxilio I, El Porvenir y Meridiano (núcleo Hereje) del municipio de Rioblanco, departamento del Tolima- llamada Reserva Forestal Protectora Meridiano. 2011.

Estedepósitoconunespesoraproximadode20m, estáconstituidoporintercalacionesdearena s, lodolitas y gravas. Las gravassondetamañogránulo- guijo, matrizsoportadas, ocasionalmentetamañobloque hastade20cm en unamatrizdearena gruesa amuy gruesa. Los lodosson primordialmentelimos de color pardoclaro a oscuro conr estosdeplantasy esporádicosnivelesdearenasdegranofino69.

**Foto**  
**29 Paisaje de Lomas y colinas, con procesos de reptación, Depósito de Jerusalén (Qjer)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

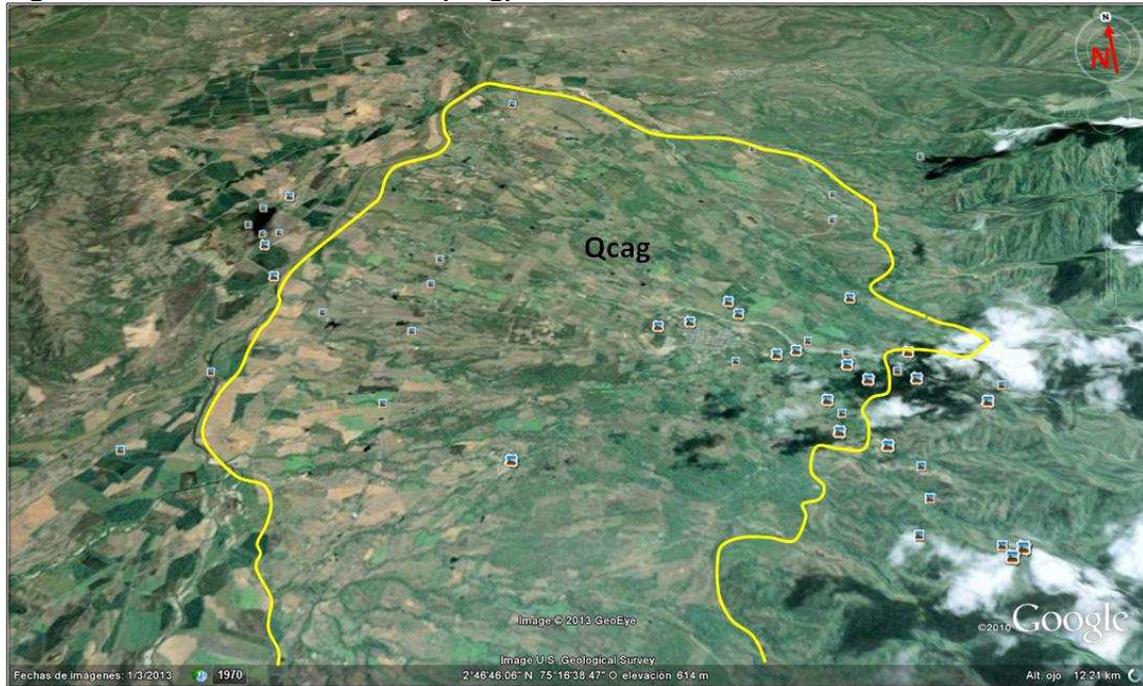
**Cono Aluvial de Gaitania (Qcag)<sup>70</sup>**

Evidencias morfológicas indican un origen aluvial para este depósito, conformado por conglomerados de guijarro y bloques con bordes angulares constituidos casi exclusivamente por calizas y mármoles, con espesores máximos de 20 m (Tabla 3). Aflora en cercanías de la falda Avirama, en el municipio de Planadas, donde el casco urbano de la población de Gaitania fue edificado sobre esta unidad; en la imagen de satélite su identificación se basa en cambios en la tonalidad y su forma, y en Google Earth se claramente identificable este depósito cuaternario (Figura 15).

En el área de influencia indirecta del proyecto, no presenta afloramientos. Se caracteriza por una morfología de depósito de ladera, en la salidad de la cabecera municipal de Gaitania hacia el municipio de Planadas.

69 INGEOMINAS. Geología de la Plancha 322 Santa María. Escala 1:100.000, 1999. Versión digital 2010.  
70 Ibid.

**Figura 15 Cono aluvial de Gaitania (Qag)**



Fuente: Google Earth: Imagen Geoeye, 1969; Geología: INGEOMINAS (2.010), modificado por Consultoría Colombiana (2.013)

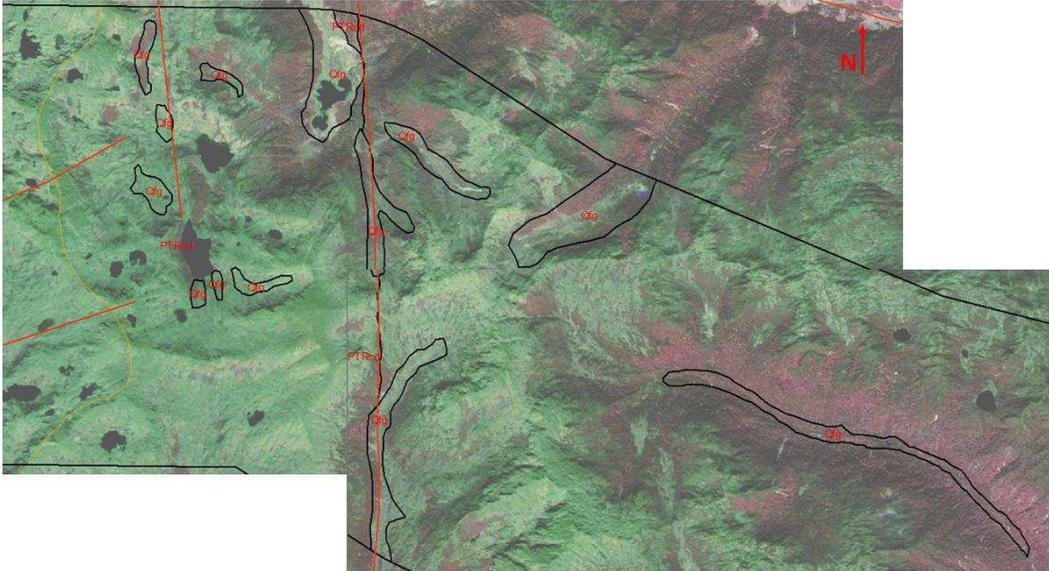
### **Depósitos glaciales y Fluvioglaciares (Qfg) 71**

Los depósitos glaciares se localizan en la cuenca alta del río Hereje correspondiente al acazo del Páramo Meridiano, en los predios Auxilio-Auxilio 1, Meridiano y Porvenir del municipio de Rio Blanco y en la cuenca alta del río Bolo en la zona de la cuchilla y Páramo de Mendoza en la vereda Bolo Azul, del municipio de Pradera, cruzados por la línea Tesalia-Alfárez 230 kV entre los sitios de torre T206 a T285-V2.

Estas acumulaciones se derivaron de las glaciaciones cuaternarias, cuyos rastros se observan en la parte alta de la cordillera, bajo formas de topografías abruptas y dentadas, valles en U, valles colgados, estrías, lagunas glaciares y otros rasgos menores (Figura 16).

71 INGEOMINAS. Geología de la Plancha 301 Planadas (departamento de Tolima). Memoria Explicativa. Bogotá, 1.991.

**Figura 16 Depósitos glaciares y fluvioglaciares (Qfg)**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010), modificado por Consultoría Colombiana (2.014)

Algunos de estos depósitos son materiales glaciares re trabajados por los ríos (Tabla 3) y forman terrazas de algunas decenas de metros de espesor como es el caso de la meseta donde está asentada la población de La Herrera.

Están conformados por cantos y bloques angulares y subangulares, predominantemente de rocas ígneas intrusivas y porfiríticas y en menor proporción metamórficas (esquistos), englobado en una matriz de grava, arena y a veces material arcilloso. La selección es irregular y la acumulación tiene mala selección (Tabla 3). Suedades Cuaternaria.

En la zona del páramo Meridiano (Foto 30), estos depósitos básicamente conforman morrenas laterales y frontales que rellenan antiguos valles glaciales en alturas superiores a los 2.800 metros sobre el nivel del mar. A menudo estos depósitos están re trabajados o excavados por las corrientes actuales. Los de mayor tamaño y espesor, se encuentran sobre los cauces de los ríos Hereje y Saldaña.

### Foto

### 30 Páramo Meridiano, depósitos glaciares conformando morrenas frontales y laterales



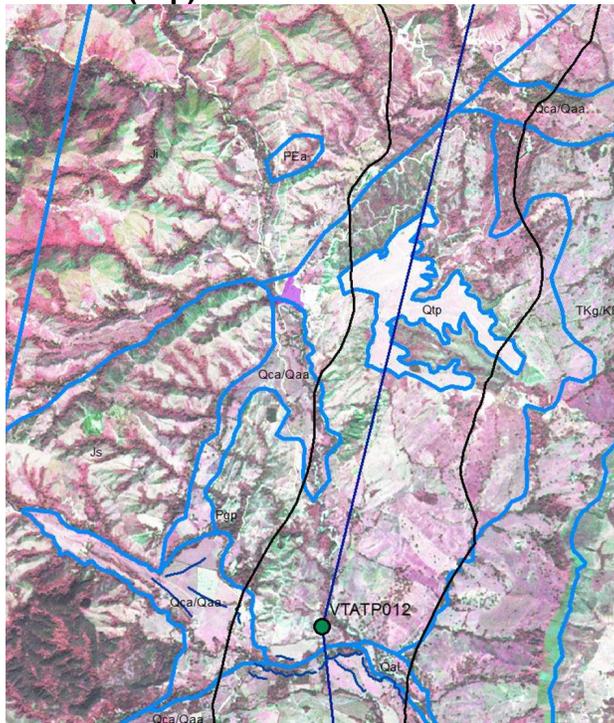
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Terrazas Pumíticas (Qtp)

Corresponden a niveles no consolidados identificados en la parte alta de rocas sedimentarias de la Formación Palermo (Pgpo), a leste de la población Valencia – La Paz (municipio Quirá). Su identificación litológica en campo no es clara; sin embargo, por su forma fue posible hacer su delimitación cartográfica en las imágenes disponibles (Figura 17). Según la información secundaria disponible, conforman una secuencia de arenas arcillosas pumíticas y gruesas, en paquetes gruesos a medianos, con estratificación cruzada, festoneada, plana paralela, continua y gradación normal; los contactos son ondulados y erosivos. En general estos depósitos pumíticos son de color gris claro a blanco azulado<sup>72</sup> (Tabla 3), que se caracterizan por conformar terrazas aptas para cultivos.

72 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

**Figura 17 Terrazas pumíticas (Qtp)**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: Ingeominas (2.010), modificado por Consultoría Colombiana (2.013)

Al norte del quira entre los sitios de torre T52 a T54, por características fotogeológicas se identificó una terraza amplia, de origen volcánico, ubicada aproximadamente a 80-100, con escarpes dependientes fuertemente quebradas (25-50%) y laderas moderadamente largas (Foto 31); sin embargo durante los recorridos de campo, no se encontraron evidencias composicionales que permitieran corroborar la unidad.

**Foto**

**31 Terraza deposicional de origen volcánico recubriendo a la Formación Potrerillo (Pgp) localizada al norte del quira**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

VanHouten(1976)73reporta una edad de  $0,6 \pm 0,1$  Ma, para un relleno fluvial de carácter volcánico clástico que aflora en la localidad de Tarqui, lo que indicaría por correlación, una edad Pleistocénica para este tipo de acumulaciones.

### Conos Aluviales/Abanicos Antiguos (Qca/Qaa)

Depósitos cuaternarios conglomeráticos, producto de avenidas torrenciales, identificados en la zona del Quira (T41 a T47) y en la vertiente occidental de la Cordillera Central (T301-V2 a T302-V2, T322-V2 a T391).

Entre los sitios de torre T41 a T47, la unidad corresponde al Abanico Aluvial del Quira (Qca/Qaa), de epósitos de color pardo rojizo, matriz soportada, masivo con estratificación incipiente, compuesto de guijos, guijarros y escasos cantos, subesféricos y subredondeados, de hasta 15 cm de diámetro. Los clastos son fragmentos de cherts, de colores variados, principalmente negro y tonos de café desde oscuro hasta pardo crema, embebidos en una matriz arenosa de gran grueso a conglomerática, con una fracción arcillosa (Foto 32, Tabla 3).

#### Foto

**32 Conos Aluviales/Abanicos Antiguos (Qca/Qaa), clastos de chert inmersos en una matriz arenosa**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El Abanico Aluvial del Quira (Qca/Qaa), geomorfológicamente corresponde a un abanico terrazado, el más representativo de la región, con varios niveles de terraza, dependiente fuertemente quebrada (27%); espesor por lo menos de 15 m, con un 40% de matriz de textura arenosa gruesa a conglomerática, color pardo, suelta; el 60% son clastos subangulares de pumitas, rocas ígneas intrusivas.

73 Van Houten (1976). INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

vas de tonalidades rosapálido y gabros pegmatíticos, también puede presentar abundantes bloques superficiales, de diámetro variando entre 1 y 1,5 m (Foto 33 y Foto 34).

#### Foto 33 Composición de los bloques del Abanico Aluvial de Íquira (Qca/Qaa)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### Foto 34 Perfiles de suelo del Abanico Aluvial de Íquira (Qca/Qaa)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

En esta categoría también se incluyen los abanicos aluviales de la vertiente occidental de la Cordillera Central, que hacen parte del piedemonte y son cruzados por el área de influencia de la línea Tesalia – Alférez 230 kV, entre los sitios de torre T322-V2a y T391. Estos depósitos, dependientes ligera a fuertemente inclinadas, están conformados por

orelpredominiodematerialesfinoscontexturasarenolimoarcillosaaarenagruesaaconglomerática(Foto

35). Superficialmenteseidentificanclastosderocasintrusivasy metamórficas, subangulares, de diámetro promedio 1-7 cm (Tabla 3); lapresenciade estos fragmentos derocainfiereunorigen coluvialaluvial para el depósito.

**Foto 35 Perfiles de suelo en depósito de abanico aluvial (Qca/Qaa)**



10 cm. Capa orgánica. Textura arenosa gruesa, medianamente suelta; con abundantes raíces y algunos clastos subredondeados de roca como cuarzo, rocas intrusivas tipo diorita; color café medio a claro

50 cm. Arena gruesa a muy gruesa, suelta; color café claro a crema. Compuesta de fragmentos angulares de cuarzo y líticos de 2-3 mm de diámetro promedio.

Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

**Depósitos coluviales (Qc)**

Se encuentran dispersos en el área de influencia del proyecto, conformando principalmente depósitos de piedemonte como en el caso de las coberturas de depósitos que se observan sobre la vía que conduce de Tesalia a Álquira (GPS008); estos depósitos de la ladera se caracterizan en un 90

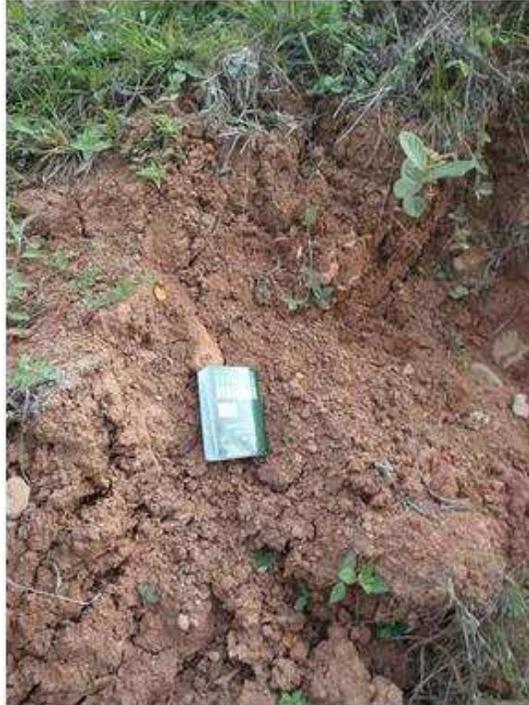
% por una matriz arenosa, suelta, rojiza, con un 10% de bloques angulares a subangulares de areniscas de gran medio y chert, moderadamente meteorizados, color amarillo, de diámetro promedio 30-150 cm (Foto 36, Tabla 3).

En el alto La Hocha (GPS020), se identificaron depósitos de ladera provenientes de montañas que hacen parte de rocas de las formaciones Caballos (Kc) y Saldaña (Js), Foto 37

Entre los sitios de torre T14 y T15 (GPS024), se identificaron en campo depósitos no cartografiados por la resolución de la imagen de satélite, conformados en la parte alta por bloques superficiales de areniscas de gran fino, subangulares, provenientes de los estratos sedimentarios de la Formación Caballos (Kc), dependientes muy escarpadas (84%) en las partes más altas que disminuyen fuertemente quebradas (36%), Foto 38

#### Foto

**36 Cobertura de depósitos de ladera sobre rocas sedimentarias de la Formación Seca (KPs)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto**

**37 Cobertura de depósitos de la dera en inmediaciones de las Formaciones Caballos (Kc) y Saldaña (Js)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 38 Depósitos de la dera, parte baja de vértice VTATP06**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la zona del río Hereje –

Páramo Meridiano, los depósitos coluviales (Qc) son producto de la desintegración e inestabilización de las laderas, taludes y escarpes conformados predominantemente por rocas del Batolito del bague (Ji), presentan pendiente moderada a fuerte, expresión geomorfológica pobre, patrón de drenaje no desarrollado y están constituidos por bloques angulares heterométricos embebidos en una matriz arcillo-limosa (Foto 39)

**Foto**

**39 Depósitos de la ladera (Qc) asociados a desprendimientos de bloques ígneos del Batolito del bagué (Ji)**

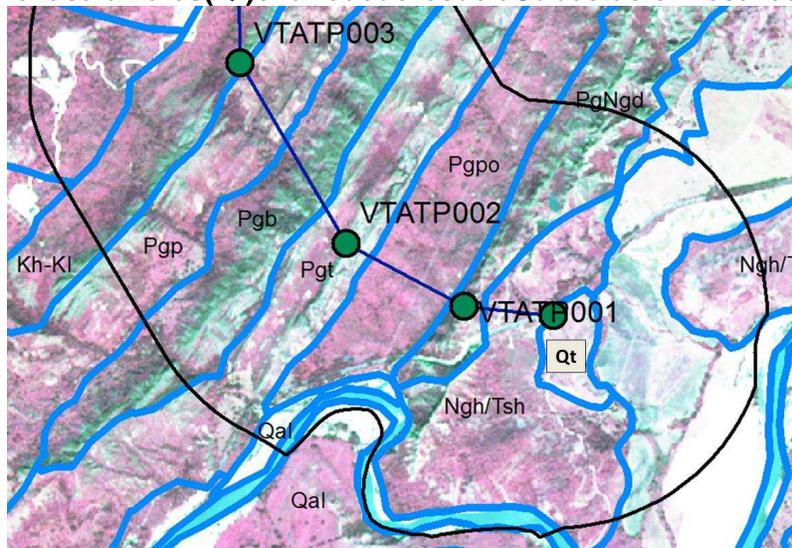


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Depósitos de Terraza (Qt)**

Se identificaron depósitos de terraza aluvial (Figura 18, Tabla 3) en los alrededores de la Subestación Tesalia 230 kV. Corresponden a una de las terrazas aluviales de la margen noroccidental del río Páez, de forma plana a ligeramente ondulada, con un ancho de 500 m, escasa cobertura vegetal y sin presencia de procesos erosivos significativos (Figura 18); también depósitos de menor extensión en el río Carmen; constan de cantos redondeados de rocas ígneas, metamórficas y sedimentaria traídos y depositados por los ríos.

**Figura 18 Terrazas aluviales (Qt) en los alrededores de la Subestación Tesalia a 230 kV**

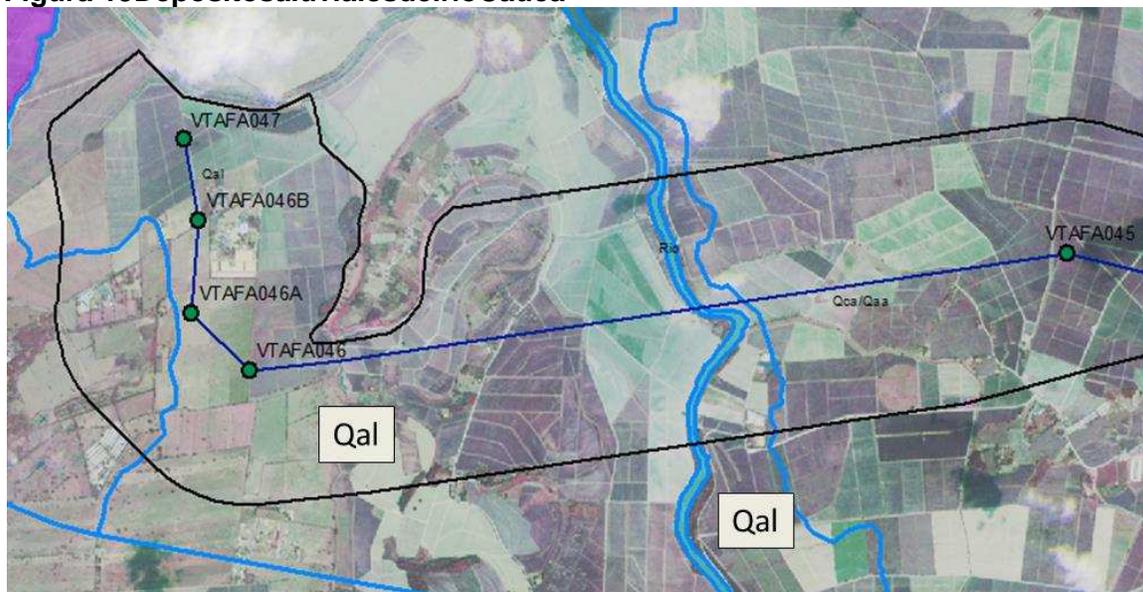


Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010)

### Depósitos Aluviales (Qal, Qal1)

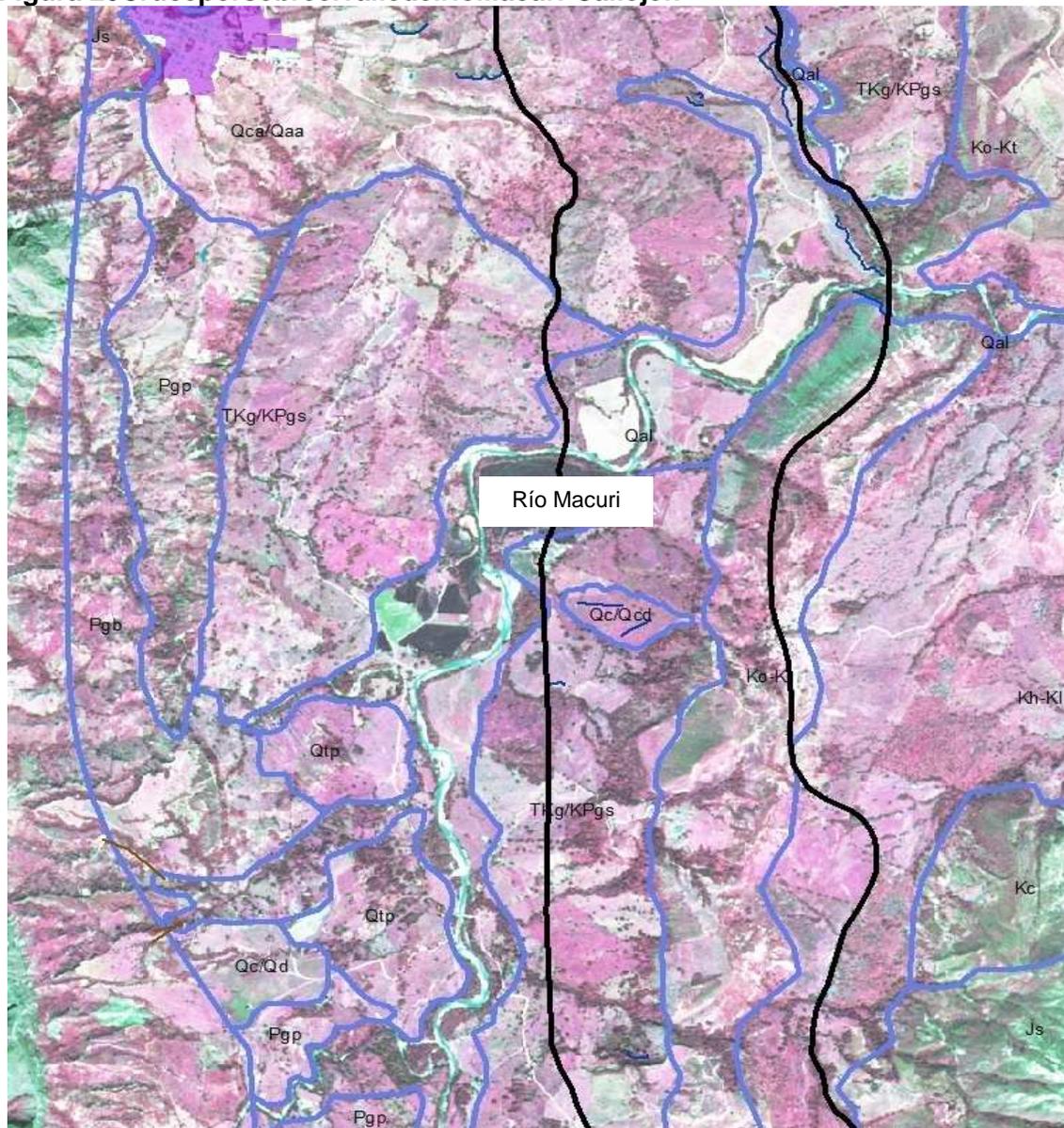
Agrupan los sedimentos aluviales transportados como material de arrastre, ubicados en el cauce principal y terrazas bajas de los ríos Cauca (Qal1) (Figura 19), Magdalena, Páez, Macurí-Callejón, y cuerpos de agua intramontanos como los ríos Íquira, Yaguará, El Carmen, Bolo Azul y Fraile, principalmente (Figura 20). El material que los compone es variado en tamaño y composición y depende de la dinámica de las corrientes y de las unidades geológicas aflorantes en las cuencas que drenan (Tabla 3), predominando arenas gruesas a finas, limos y arcillas con fragmentos de rocas ígneas y metamórficas.

**Figura 19** Depósitos aluviales del río Cauca



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010)

**Figura 20 Cruce por sobre el valle del río Macurí-Callejón**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Rasgos estructurales**

El área de influencia del proyecto, comprende la parte norte del Valle Superior del Magdalena, atravesando la Cordillera Central, hasta llegar al valle aluvial del río Cauca, en el municipio de Cali.

Durante la historia geológica de esta región, se han registrado varias fases orogénicas que han dado origen a su actual fisonomía, como es el caso de la Cordillera Central. Movimientos compresionales han originado plegamientos y fallas importantes, uno de los cuales es el sistema Chusma

(Dixon, 1953)<sup>74</sup>, que se observa entre la Cordillera Central y el Valle del Magdalena, en dirección NNE-

SSW, mostrando fallas que se entrecruzan, dando origen a bloques levantados y sumergidos que forman fuertes desniveles topográficos y originan el cabalgamiento de las rocas cristalinas de la Cordillera Central, sobre las sedimentos del valle del río Magdalena (INGEOMINAS, 1989)<sup>75</sup>.

También se encuentran expresiones de la intensa actividad tectónica ocurrida a comienzos del Terciario caracterizada por esfuerzos compresivos que dieron como resultado la formación de grandes fallas y pliegues, que favorecieron principalmente el levantamiento de la cordillera.

El Valle Superior del Magdalena, corresponde a una depresión estructural, de edad neógena, relacionada con el levantamiento de las Cordilleras Central y Oriental, generada por la acción de fuerzas compresivas que actuaron en dos fases principales, ocurridas durante el Oligoceno y el Mioceno<sup>76</sup>-

Cuaternario; regionalmente se reconocen fallas de cabalgamiento en los límites del Valle del Magdalena con la cordillera y pliegues en el valle, como resultado de la mencionada tectónica compresiva.

Tanto la Cordillera Central como el Valle Superior del Magdalena, se han visto afectados por eventos tectónicos superpuestos con el desarrollo de plegamientos y fallamientos de tipo regional, que controlan en buena parte, la topografía de la región, junto con las características de composición y textura de las rocas<sup>77</sup>.

El valle aluvial del río Cauca, confinado por las cordilleras Central y Occidental, muestra una dinámica geológica condicionada por la tectónica de placas, lo que ha determinado que por la presencia de fallas en los bordes de montes de las dos cordilleras, se haya conformado en el tiempo geológico una depresión tectónica o graben. Este graben, denominado Cauca-Patía, se prolonga al sur hasta el Ecuador, formando el denominado Graben Interandino. Sobre esta arquitectura terrestre ha evolucionado el río Cauca<sup>78</sup> y se ha desarrollado el actual valle aluvial.

A continuación se describen las estructuras principales que atraviesa el área de influencia del proyecto (Figura 21).

---

74 Dixon, 1953. Tomado de Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

75 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

76 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 323 Neiva. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

77 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 366 Garzón, Memoria Explicativa. Escala 1:100.000, 2001.

78 Disponible en internet en el sitio web:

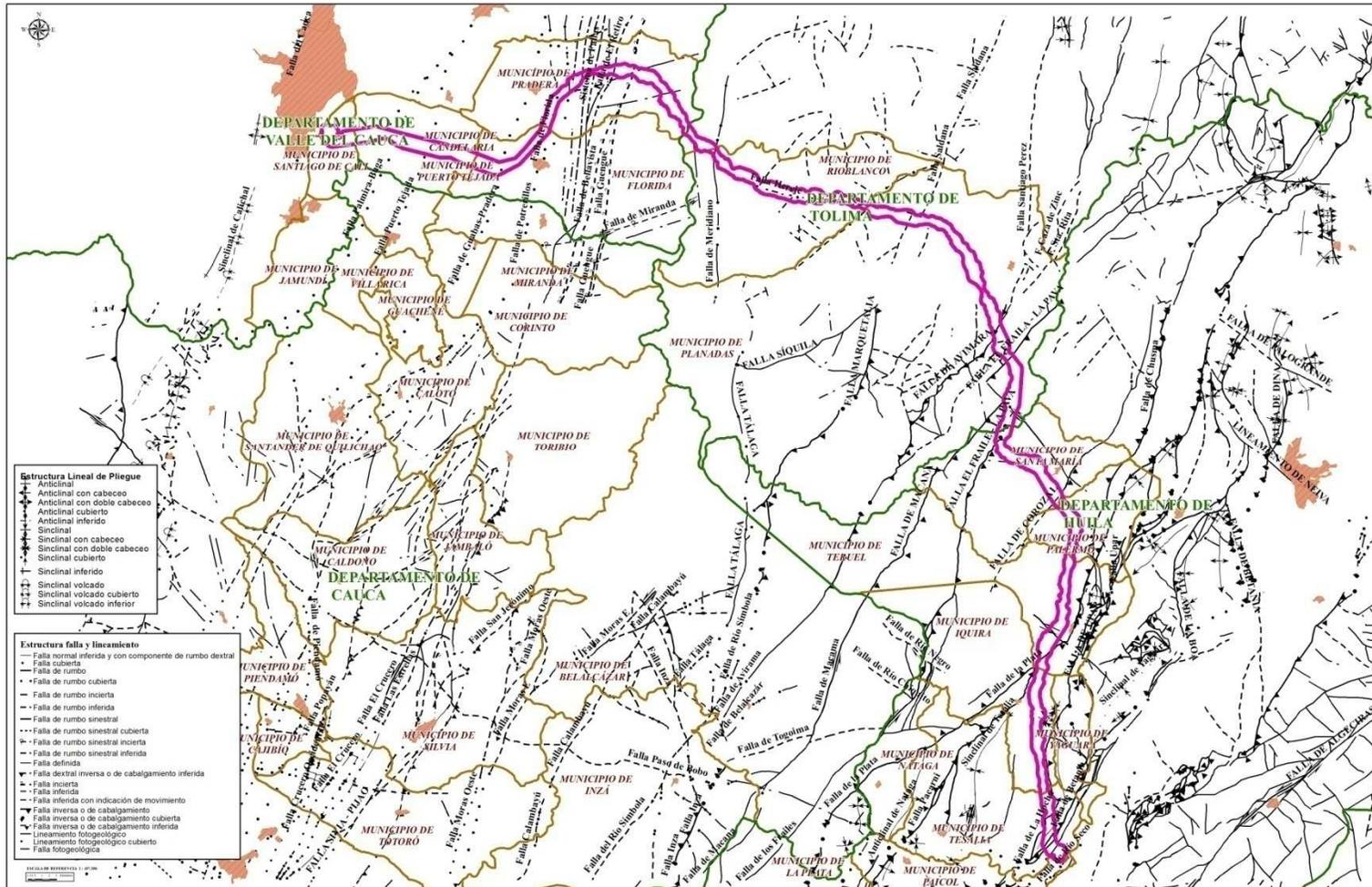
[https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:kbaQQjTKNVkJ:190.97.204.39:8080/cvc/Biodiversidad/Publicaciones/Libros%2520y%2520Plegables/parte3humadales.pdf+&hl=es-](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:kbaQQjTKNVkJ:190.97.204.39:8080/cvc/Biodiversidad/Publicaciones/Libros%2520y%2520Plegables/parte3humadales.pdf+&hl=es-419&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEEShLybjl-)

[419&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEEShLybjl-](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:kbaQQjTKNVkJ:190.97.204.39:8080/cvc/Biodiversidad/Publicaciones/Libros%2520y%2520Plegables/parte3humadales.pdf+&hl=es-419&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEEShLybjl-)

[uDA5vdXn0s6uGpiwaXr96ct8\\_HDmmNMCKxtESLgOcq8ipgoBGFJpJdNGU8I70R4L7DfrrUQQIOm15thhCREuicJuDHZCvWSZDotCZXSJTvyXx\\_weKDhK\\_5-\\_3ZHcGT&sig=AHIEtbTlyPeYLI3k-wSa8f56v5GL5vhraw.](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:kbaQQjTKNVkJ:190.97.204.39:8080/cvc/Biodiversidad/Publicaciones/Libros%2520y%2520Plegables/parte3humadales.pdf+&hl=es-419&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEEShLybjl-)

(Citado en septiembre 14 de 2012).

**Figura 21 Estructuras geológicas área de influencia indirecta, Línea Tesalia–Alfárez 230kV**



Fuente: INGEOMINAS. Planchas Geológicas: 344 Tesalia, 322 Santa María, 323 Neiva, 301 Planadas, 300 Santiago de Cali. Escala 1:100.000

## Fallas

### ***Falla de La Hocha***<sup>79</sup>

Se trata de un cabalgamiento con un trazo de falla bastante irregular en superficie, con rumbo N-S y longitud de 25 km, aproximadamente. Su vergencia es hacia el este y tectónicamente se comporta como un retrocabalgamiento de la Falla de Betania, con la que forma una cuña tectónica, que morfológicamente se distingue con el nombre de Alto de La Hocha. Esta cuña involucra rocas de edad Jurásica y Cretácica de las formaciones Saldaña (Js), Caballos (Kc), Hondita (Kh) y Grupo Olini (Ko) (Figura 21).

### ***Falla de La Plata***<sup>80</sup>

Esta falla marca el límite sur oriental de la cordillera Central con el Valle Superior del Magdalena, y hace parte del Sistema de Chusma (Dixon, 1953)<sup>81</sup>. Este sistema permite el cabalgamiento de las rocas cristalinas de la Cordillera Central sobre la secuencia sedimentaria que aflora en el Valle Superior del Magdalena. Se identifica cruzando al W de la cabecera municipal de La Plata, continúa cruzando al W de la tumba, Nátaga, Pacarní, Íquiray y Teruel.

Es una falla de cabalgamiento de dirección N30°E en su parte sur y hacia el norte cambia a N42°E, convergencia hacia el este; el plano de falla es inclinado entre 50° y 65° en superficie. Es de espera que este ángulo disminuya a medida que aumenta la profundidad, de acuerdo con la geometría de cabalgamiento existente al largo del Sistema de Chusma, en el sector del Valle Superior del Magdalena (Figura 21).

### ***Falla de Pederna***<sup>82</sup>

Es una falla de cabalgamiento con una longitud aproximada de 15 km y dirección NW-SE. Su vergencia es hacia el este y aflora al sur de la cabecera municipal de Teruel. Esta estructura pone en contacto rocas de la Formación Hondita (Kh) con rocas del Grupo Chicoral (Figura 21).

### ***Falla El Fraile-La Pava***<sup>83</sup>

ICEL (1983) llama Falla El Fraile a una estructura proveniente del Macizo de La Plata, que Velandi a et al. (2001) prolongan hacia el norte hasta unir la con la Falla La Pava en el Departamento del Tolima. Esta falla cruza la región de Santa María, desurante, y su trazo controla los cauces del río Bachicito y de la quebrada El Guamal. Tiene un rumbo N14°E y una longitud de 27,7 km en la zona, antes de ser desplazada 5,7 km por la Falla Puerto Tolima, y continuar hacia el norte con un rumbo N44°E por una longitud de 14,9, hasta la región del municipio Planadas. La Falla El Fraile-La Pava es el límite oeste del bloque donde están restringidas las formaciones Luisa (Trl), Payandé (Trp), Saldaña (Js) y Caballos (Kc) del Mesozoico. La deformación en los alrededores de la falla

79 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

80 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

81 Dixon, 1953. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

82 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

83 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 322 Santa María. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá. 2003.

es frágil con una zona de brecha de 20-50m, bien notoria en las tobas de la Formación Saldaña (Js).

Velandia et al. (2001) mencionan que la Falla El Fraile-La Pava, al igual que la Falla Macama, representa un retrocambalgamiento convergencia noroeste relacionado con la Falla La Plata-Chusma, que define el estilo tectónico de cambalgamiento en esta parte de la Cordillera Central de Colombia (Figura 21).

#### **Falla de Avimara<sup>84</sup>**

La Falla Avirama es la estructura más sobresaliente de la región del municipio de Santa María; localizada sur norte con una dirección promedio N33°E y una longitud de 51,2 km en el área (Figura 21), controlando los cauces de los ríos Atá y San Miguel.

La deformación en los alrededores de la falla es principalmente dúctil con desarrollo de neises miloníticos a partir del Batolito del bagué (Ji), expuestos sobre el cauce del río Atá. Al suroeste de Gaitania, cuñas del batolito son formadas por el movimiento de la falla, e indican que probablemente se trate de una falla con un componente de rumbo importante, cuyo desplazamiento es desconocido hasta el momento. Por otra parte, el buzamiento de las sedimentos de la Formación Caballos (Kc) afectadas por esta estructura, sugiere un carácter inverso, al menos en esta tramo de la Falla Avirama. Para ICEL (1983), es una falla normal de poca salto con una zona de brecha de 50m que afectan a las Cretáceas con desplazamientos de 3 a 4m.

#### **Falla de Macana<sup>85</sup>**

Es una estructura regional desde el sector de Monserrate al suroccidente del río Páez, hasta el NW de la cabecera municipal de Santa María, con dirección promedio N30°E y finaliza en la falla Puerto Tolima (municipio Santa María). Su principal componente es rumbo-deslizante, y se le considera de tipo dextral (Consultoría Colombiana, 1993)<sup>86</sup>. En la parte suroccidental, junto al caserío de Monserrate, se reconocen por lo menos dos trazos principales que se unen al norte de la población de Ricaurte, y definen un área intermedia levantada por fenómenos de transgresión. Sobre la intersección de la falla con el río Páez, se presentan algunas terrazas pumíticas basculadas por efecto de la falla, lo que indica una importante actividad neotectónica. Igualmente, en el carrizal de Monserrate se presenta fuerte basculamiento sobre las unidades litológicas expuestas (Figura 21).

#### **Falla Puerto Tolima<sup>87</sup>**

Es una estructura de dirección N38°W cuya longitud es de 22km, entre las fallas Avirama y Corozal, pasa a cercanías del caserío de Puerto Tolima donde toma un nombre. Desplaza 5,7 km en

84 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 322 Santa María. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá. 2003.

85 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

86 Consultoría Colombiana, 1993. Tomado de INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

87 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico de la Plancha 322 Santa María. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000. Bogotá. 2003.

sentidosinestral, un bloque formado por unidades del Mesozoico y limitado por las fallas Macam y El Fraile–La Pava (Figura 21).

Según Velandia et al. (2001), la Falla Puerto Tolima es una estructura de basamento y carácter distensivo que, junto con otras fallas del mismo tipo, limitaron bloques transversales en el precretácico, posteriormente cubiertos por sedimentos en el Cretácico y Paleógeno.

### ***Falla Puerto Tejada***<sup>88</sup>

Falla cubierta de dirección NE–SW, paralela a la falla Palmira–Buga; inicia al norte de la cabecera municipal de Villa Rica, pasa por la cabecera municipal de Puerto Tejada, hasta cortarse con otra falla cubierta de dirección NE–SW que posteriormente cambia a dirección N–S (ver Figura 21).

### ***Falla Palmira-Buga***

Falla regional, cubierta por depósitos cuaternarios aluviales de dirección NNE; inicia como un aprolongación de la falla Cali–Patía, en el cauce del río Cauca<sup>89</sup>, continúa por la población de San Francisco; hacia las poblaciones de Quinamay y Villa Paz donde cambia a dirección NE–SW; se prolonga sobre la margen derecha del río Cauca<sup>90</sup>, al oeste de Villa Rica, Puerto Tejada, hasta el occidente de Candelaria, donde se corta con otra falla cubierta de dirección NE–SW a N–S (Figura 21).

Con respecto a otras fallas reportadas por la cartografía geológica de Ingeominas para el área de influencia del Proyecto, no fueron vistas en campo las fallas de Betania, Buenavista, Corozal, Guengue y Guabas-Pradera, mientras que las fallas Meridiano, Hereje y Herrera sí pudieron ser vistas en campo.

### ***Falla Saldaña***

En la región de La Herrera la falla más prominente es la Falla del Saldaña que provoca el alineamiento de los ríos Siquila y Saldaña (Figura 21). El movimiento de la falla es de tipo vertical y el plano de falla tiene un buzamiento bastante alto; el bloque este fue levantado con relación al bloque oeste; a esta falla se asocian algunas mineralizaciones de cobre.

### ***Fallas de Herrera y Hereje***

Las fallas de Herrera y Hereje causan el control de los ríos Saldaña y Hereje, respectivamente (Figura 21). La primera tiene una dirección SW–NE y se extiende

<sup>88</sup> INGEOMINAS. Geología de la Plancha 300 Cali. Escala 1:100.000, 1985. Versión digital 2009.

<sup>89</sup> INGEOMINAS. Geología de la Plancha 320 Buenos Aires. Escala 1:100.000, 1999. Versión digital 2010.

<sup>90</sup> INGEOMINAS. Geología de la Plancha 300 Cali. Escala 1:100.000, 1985. Versión digital 2009.

desde el sur pasando por la población de La Herrera. La falla Hereje tiene rumbo noroeste y por sus características parece ser una falla de rumbo por que rompe y desplaza la Falla Saldaña, en la cuenca alta de este río. La estructura a lo largo de su totalidad del curso del río Hereje desde su confluencia con el río Saldaña, hasta cercas de sus nacimientos. El movimiento de la falla se interpreta como de rumbo dextral, con el bloque norte moviéndose hacia el este; sin embargo estas dos estructuras cortan exclusivamente rocas del Batolito de Ibagué (Ji) lo que dificulta precisar el tipo de movimiento de cada una.

### ***Falla Meridiano***

Se localiza en la parte alta de la cuenca del río Hereje, de orientación NNE/SSW, marca el contacto entre el Batolito de Ibagué (Ji), las rocas metamórficas del Complejo Cajamarca (PZmc) y las intrusivas del Batolito de Santa Bárbara (PTRcd), es de extensión regional, con prolongación al norte y sur por fuera del área de influencia del proyecto (Figura 21); esta falla está poco documentada y no se dispone de información sobre el tipo de movimiento de la estructura.

### ***Sistema de Fallas Romeral 91***

En la vertiente oriental de la Cordillera Central, entre las veredas El Retiro y La Ruiza, del municipio de Pradera, se localiza un importante tren estructural de fallas orientadas preferencialmente en dirección NNE-SSW a N-S, relacionadas con el Sistema de Fallas Romeral, e incluso con exposición de la Falla Romeral propiamente dicha (Figura 21). Este sistema constituye el rasgo estructural más prominente en la región, demarca el límite occidental del cinturón de rocas metamórficas Paleozoicas representadas por el Complejo Cajamarca (PZmc), Complejo Bolo Azul (Pzba) y Grupo Bugalagrande (Pzb), con el acuífero de este último en las rocas basálticas Juratriásicas del Complejo Barroso Amaime (Kiba/Jka), ubicadas al occidente del sistema de fallamiento. Hacen parte de este sistema las Fallas Guengue, El Retiro, Buenavista y varios lineamientos de falla fotogeológicos. Estas fallas son inversas de ángulo alto, posiblemente algunas movidas como fallas de rumbo (strike slip) por lo menos una vez durante su evolución, indicando una compleja y múltiple historia de movimientos.

### ***Pliegues***

#### ***Anticlinal de La Hocha<sup>92</sup>***

Se trata de un anticlinal angosto y alargado con dirección N-NE, delimitado entre las fallas de La Hocha y Betania. El límite norte de la estructura es una falla de tipo inverso de dirección NW-SE, que ocasiona la pérdida del registro geológico de parte de las formaciones Caballos (Kc) y Saldaña (Js). Hacia el sur, el eje de la estructura se pierden al ser cortado por la Falla de Betania (Figura 21).

91 INGEOMINAS. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar Plancha 300 Cali. Bogotá, 1985.

92 INGEOMINAS. Levantamiento Geológico Plancha 344 Tesalia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2002.

### 3.2.1.2 Área de influencia Directa

Se realizaron observaciones de campo en 199 puntos georeferenciados, de los cuales 28 corresponden a sitios de vértice de la línea de transmisión entre las subestaciones Tesalia y Alférez establecidos en la etapa de exploración.

Las observaciones se presentan sectorizadas mediante zonas homogéneas o tramos con características geológicas similares. En cada punto de observación en campo se realizó descripción de las características litológicas, estructurales, geomorfológicas y rasgos morfodinámicos encontrados en el punto inspeccionado; así como las características del sitio para la ubicación de la estructura.

A continuación se presentan las observaciones realizadas en campo, referenciadas a los vértices (VT) definidos en la etapa de exploración, a su equivalencia al sitio de torre (T) asignado en la etapa de replanteo a la unidad litológica correspondiente según la Tabla 3.

En el Anexo Inspección Sitios de Torre en Replanteo, adjunto al presente documento, se presenta el resumen de los sitios de torre inspeccionados en términos de las unidades litológicas y geomorfológicas en que se ubican, procesos morfodinámicos observados y puntos críticos encontrados.

- **Subestación Tesalia 230 kV – Vértice VT ATP000 (T1)**

El predio previsto para la Subestación Tesalia 230 kV, se ubica en un terreno plano o ligeramente ondulado, correspondiente a una terraza aluvial del margen occidental del río Páez (Foto 40).

#### Foto 40 Terraza aluvial donde se proyecta ubicar la Subestación Tesalia 230 kV



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Esta terraza está limitada por rocas sedimentarias del Grupo Honda (Ngh), correspondientes a arenas y areniscas conglomeráticas de gran medio, friables, color grisáceo, texturas salpimienta; con presencia de conglomerados, friables, que por meteorización dejan clastos sueltos de 2-5 cm de diámetro promedio, subangulares, de chert, cuarzo, lilita y fragmentos de roca (Foto 41). Estratificación 25°/42°SE.

**Foto 41 Afloramiento de areniscas y areniscas conglomeráticas del Grupo Honda (Ngh)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

- **Vértices VTATP001(T2)– VTATP012(T48) Cruz de rocas sedimentarias clásticas del Paleógeno y depósitos cuaternarios**

Entre los Vértice VTATP001(T2)– VTATP009(T36), se cruzan sobre rocas sedimentarias clásticas, con edad entre el Paleógeno y el Cretáceo: formaciones Doima (PgNgd), Potrerillo (Pgpo), Tesalia (Pgt), Baché (Pgb), Palermo (Pgp), Hondita-Loma Gorda (Kh-Kl), Caballos (Kc), Grupo Olini– Formación La Tabla (Ko-Kt) y Formación Seca (Kpgs); así como también por sobre rocas volcánicas sedimentarias del Jurásico pertenecientes a la Formación Saldaña (Js).

La Foto

42 muestra la interstratificación que caracteriza la región entre los vértices VTATP002(T3N)– VTATP004(T10), que corresponde a intercalaciones de rocas competentes de las formaciones Doima (PgNgd) y Tesalia (Pgt) y rocas menos competentes de las formaciones Baché (Pgb) y Potrerillo (Pgpo).

**Foto 42 Contacto entre las formaciones Doima (PgNgd), Potrerillo (Pgpo) y Tesalia (Pgt)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

### **VérticeVTATP001(T2).FormaciónDoima(PgNgd)**

Corresponde a la interstratificación de areniscas rojizas, deleznales con conglomerados líticos compuestos de chert, cuarzo y fragmentos de roca, subredondeados, diámetro promedio 10 cm. Son rocassueltas, de alta susceptibilidad a la erosión en surcos y cárcavas, deleznales (Foto 43).

#### **Foto 43 Afloramiento de areniscas y conglomerados, Formación Doima (PgNgd)**

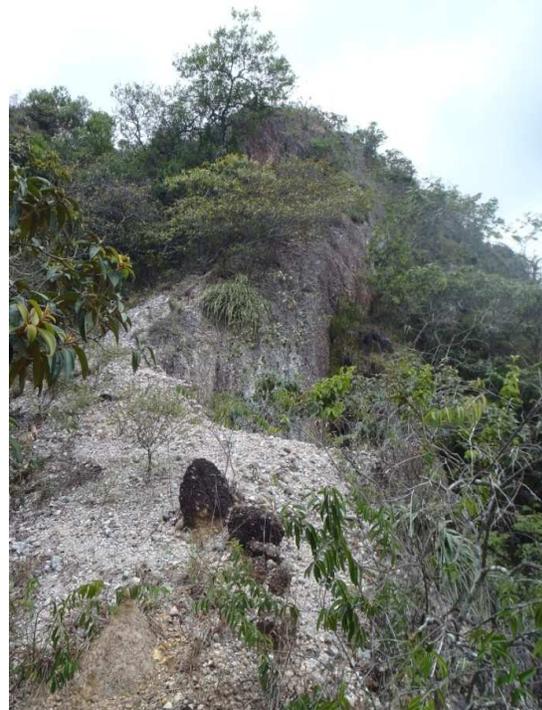


Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

### **VérticeVTATP002(T3N).FormaciónTesalia(Pgt)**

El sitio del vértice VTATP002(T3N), localizado sobre rocas de la Formación Tesalia (Pgt), se caracteriza por la presencia de conglomerados muy deleznales, color gris claro a medio; de alta susceptibilidad a la erosión en surcos y cárcavas. Compuestos en un 60% de matriz de textura arenosa, color rojizo, deleznable y frágil; 40% de clastos subangulares a subredondeados de cuarzo y chert (Foto 44, imagen a la izquierda). Estratificación N40°E/subvertical al SE (Foto 45, imagen a la derecha). La Formación Tesalia (Pgt) desarrolla taludes subverticales y flatirón, por su carácter de rocas resistentes.

**Foto**  
**44 Conglomerados de Formación Tesalia (Pgt), susceptibles a erosión en surcos y cárcavas**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

Pueden presentar setambién estratos de areniscas de gran medio grueso, grises, bandeadas, frágiles, estratificados según N50°E/subvertical al SE (Foto 45).

#### Foto 45 Areniscas de la Formación Tesalia (Pgt)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

Los conglomerados que afloran en el sitio donde se localiza el vértice VTATP002 (T3N), son deleznable, tiene un ancho aproximado de 5 m y son susceptibles a erosión en surcos y cárcavas, por lo cual la ubicación de una estructura en este sitio, requiere la adecuación de parte del terreno para que las patas queden con buen soporte, refuerzo en obras de contención y de control de erosión y recuperación vegetal del terreno (Foto 46).

#### Foto 46 Ubicación vértice VTATP002 (T3N), Formación Tesalia (Pgt)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

#### Vértice VTATP003 (T5). Formación Palermo (Pgp)

Afloran conglomerados pardos rojizos, compactos, interestratificados con areniscas conglomeráticas; estratificación N15°E/31°W (Foto 47 imagen a la izquierda). Estas rocas se caracterizan por un patrón de drenaje subparalelo, muy

disectado y de alta susceptibilidad a la erosión en surcos y cárcavas (Foto 47, imagen a la derecha).

**Foto**

**47 Conglomerados y areniscas conglomeráticas de la Formación Palermo (Pgp), susceptibles a la erosión en surcos y cárcavas**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

El vértice VTATP003 (T5) se localiza a media ladera, aproximadamente a 15 m del cimade un relieve de montañas en conglomerados de la Formación Palermo (Pgp); en este sector la cima es bastante angosta, con laderas escarpadas (70%) y afectadas por erosión en cárcavas (Foto 48); por lo anterior se recomendó evaluar en la etapa de replanteo, mover el sitio hacia la cima, para buscar un sitio más amplio y de menor afectación por erosión, en caso de no ser viable este movimiento se estiman medidas de protección y manejo para garantizar la estabilidad de la estructura.

**Foto**

**48 Ubicación aproximada del vértice VTATP003 (T5) en el sitio y alrededores predominan rasgos erosivos tipo erosión en cárcavas y suelos desnudos**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

**Vértice VTATP004 (T10). Intercalaciones del Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt)-Formación Caballos (Kc)-Formación Saldaña (Js)**

El vértice VTATP004 (T10) se ubica en rocas volcánicas sedimentarias de la Formación Saldaña (Js), a medialadera en zona de montaña, en terrenos susceptibles a deslizamientos, con pendiente de 70%. A medialadera, esta zona está cartografiada como parte de un anticlinal, aunque no se encontraron evidencias en campo. Se identificaron areniscas cristalinas, de gran medio, color o sapálido, meteorizadas a un color amarillo claro, compactas (Foto 49 imagen a la izquierda), que de acuerdo con la cartografía geológica y sus características composicionales, corresponden a la Formación Caballos (Kc). Tiene una capa vegetal muy delgada, susceptible a deslizamientos superficiales y erosión en surcos (Foto 49, imagen a la derecha).

**Foto**

**49 Areniscastobáceascristalinas, que hacen parte de la Formación Caballos (Kc), de escasa cobertura vegetal, susceptibles a erosión en surcos y deslizamientos superficiales**



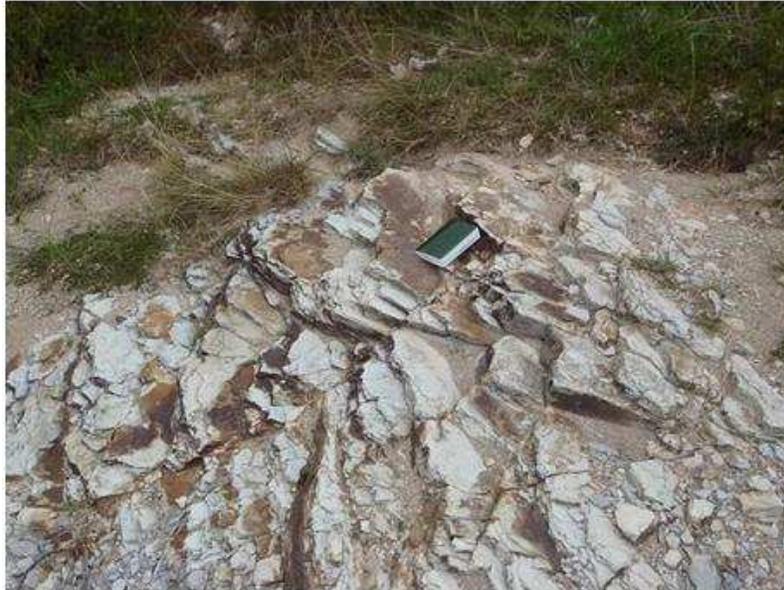
Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

La Formación Hondita–Formación Loma Gorda (Kh-KI) se ubica sobre la ladera NW del vértice VTATP04 (T10), cubierta por depósitos de ladera provenientes de la parte alta del relieve de montañas, conformadas por rocas de las formaciones Caballos (Kc) y Saldaña (Js).

**Vértice VTATP005 (T17). Formación Hondita–Formación Loma Gorda (Kh-KI)**

La Formación Hondita–Formación Loma Gorda (Kh-KI) está representada por rocas sedimentarias lutíticas, color gris claro, muy fracturadas. Estratificación: 165°/15°W (Foto 50); sobre esta unidad litológica se observan accesos afectados por erosión baja, y sobre los cortes de la carretera, con alturas entre 1–1.5 m, afectación en bajogrado por pisadas de ganado.

**Foto 50 Afloramiento de lutitas, Formación Hondita-Loma Gorda (Kh-Kl)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014  
La Foto 51, ubicada al oriente del trazado de la línea de transmisión Tesalia-Alfárez 230kV (GPS002), muestra el contraste morfológico debido al contacto entre rocas sedimentarias suprayacentes, competentes de la Formación Caballos (Kc) y rocas blandas de la Formación Hondita-Formación Loma Gorda (Kh-Kl).

**Foto 51 Contacto Formación Caballos (Kc) y Formación Hondita-Formación Loma Gorda (Kh-Kl)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

Hacia el occidente del vértice VTATP005 (T17), se presenta el contacto entre la Formación Hondita-Formación Loma Gorda (Kh-Kl) que suprayace rocas del Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt). Este se observa en un deslizamiento de 15 m de altura y longitud 100 m, sobre la carretera que conduce a la vereda Alta de La Hocha, donde afloran rocas de la Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-

Kt). Esta unidad litológica está conformada por lutitas grises claras, muy fracturadas, frágiles; para tener fragmentos rectangulares de diámetro entre 5-15 cm aproximadamente, afectadas por un sistema de mediaclasa orientadas en dirección  $N85^{\circ}E/56^{\circ}N$ , abiertas a muy abiertas, sin relleno, secas (Foto 52).

**Foto 52** Deslizamiento en corte de carretera, en rocas de la Formación Olini-La Tabla (Ko-Kt), GPS006



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

La Foto 53 muestra una panorámica del Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt), afectada en alto grado por pisadas de vaca, con el desarrollo de microdeslizamientos.

**Foto 53** Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt), afectada en alto grado por pisadas de ganado



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

### **Vértices VTATP006(T23)–VTATP011(T41) Grupo Olini–Formación La Tabla (Ko-Kt)-depósito aluvial (Qal) río Macurí–El Callejón**

Los vértices VTATP006(T23)–VTATP009(T36), se ubican sobre rocas del Grupo Olini–Formación La Tabla (Ko-Kt), ya que en este tramo el trazado de la línea de transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV, transcurre en la misma dirección de la orientación de esta unidad litológica.

Está conformada por areniscas de gran fino, color gris claro, moderada a ligeramente meteorizadas, altamente fracturadas, formando fragmentos rectangulares de longitud mayor aproximada 10 cm (Foto 54).

Estratificación N20°W/55°E.

Diaclasa N20°E/45°W.

Diaclasa N82°E/subvertical al sur.

#### **Foto 54 Afloramiento de areniscas, Grupo Olini–Formación La Tabla (Ko-Kt), GPS025**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

El vértice VTATP007(T28), se ubica también sobre rocas del Grupo Olini–Formación La Tabla (Ko-Kt), con presencia de lutitas interestratificadas con areniscas de gran fino y desarrollo de frente sy contrapendientes estructurales (Foto 55).

**Foto 55** Alrededores del vértice VTATP007 (T28). Contacto entre el Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt), formaciones Hondita-Loma Gorda (Kh-Kl) y Formación Saldaña (Js), GPS030



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

En las laderas estructurales es posible encontrar terrenos con coberturas de depósitos de ladera, provenientes de las partes altas del sistema de montañas correspondientes a rocas del Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt) y de la Formación Caballos (Kc), principalmente, que debido a su tamaño, no siempre son cartografiables a escala 1:25.000 (Foto 56).

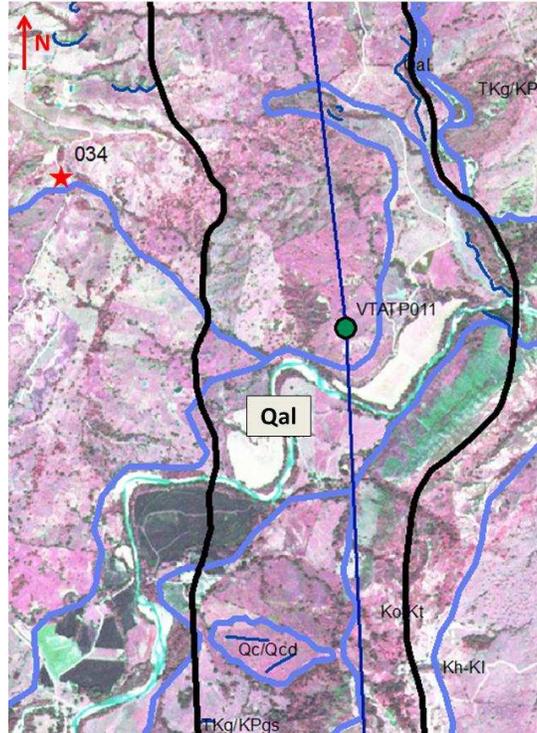
**Foto 56** Depósitos de ladera provenientes de laderas estructurales desarrolladas en el Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt) y la Formación Caballos (Kc), GPS031



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

Entre los vértices VTATP010 (T39) y VTATP011 (T41), se cruza el valle aluvial del sistema de ríos Macurí-Callejón (Figura 22), aprovechando para este cruce las colinas que se presentan en ambos lados del río Callejón correspondientes a rocas del Grupo Olini-Formación La Tabla (Ko-Kt). El depósito aluvial consta de cantos y bloques de tamaños variables entre 10 cm y 1.5 m aproximadamente. Los fragmentos son subredondos y subesféricos. Composicionalmente son fragmentos líticos de las unidades sedimentarias de la cuenca alta como lo son las formaciones Bache, Palerm y Seca.

**Figura 22 Depósitos aluviales del río Macurí, entre VTATP010 (T39) y VTATP011 (T41)**



Fuente: Imagen Rapideye, 2.010; Geología: INGEOMINAS (2.010)

**Vértices VTATP011 (T41) –  
VTATP012 (T48) Cruce del Abanico Aluvial de Iquira (Conos Aluviales/Abanicos Antiguos (Qca/Qaa))**

Entre los vértices VTATP011 y VTATP012, la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV cruza por la parte terminal del abanico aluvial de Iquira. Este abanico, el más representativo de la región, presenta varios niveles de terraza, evidenciando diferentes eventos de formación, presenta escarpes con alturas variando entre 3 y 5, dependientes subverticales; en el sector donde lo cruza la línea, la pendiente del abanico es menor y el terreno es amplio y estable (Foto 57).

Foto 57 Niveles de abanico terraza, PA2-62 (GPS035)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

#### **Vértices VTATP012 (T48) – VTATP013 (T60) Cruce de rocas sedimentarias del Paleógeno**

En este ramose se identificó la Formación Palermo (Pgpo), del Grupo Chicoral, constituida por conglomerados matrisoportados, granodécimos de base a techo, de color café rojizo, masivos, dispuestos en capas muy gruesas (espesor mayor a 3m). La morfología predominante es colina da, con laderas con susceptibilidad moderada a procesos de remoción en masa. Se identificó su extracción en cantera para ser usado como material de relleno en las vías de los municipios de Quira, Valencia de la Paz y Teruel (Figura 23).

**Figura**  
**23**Canteradeextraccióndematerialpararecebo,alnortedelmunicipiodelquirá(víaquirá-ValenciadelaPaz)



Fuente:ConsultoríaColombianaS.A.,2014

- **VérticesVTAP013(T60)–VTAPF036N(T210)CrucederocasígneasintrusivasdelBatolítodelbagué(Ji)yrocas volcanosedimentariasdelaFormaciónSaldaña(Js)**

EntrelosvérticesVTATP013(T60)–VTATP026(T154),seidentificóelBatolítodelbagué(Ji),comouncuerpoígneointrusivodeextensiónregional,alternándoseconlaFormaciónSaldaña(Js);entrelosvérticesVTATP019A(T112)–VTATP026(T154)sealternaadicionalmenteconlaFormaciónPayandé(Trp)yeneltramodelvérticeVTATP020(T121)-VTATP023(T145)escubierto porelDepósitodeJerusalén(Qjer).

ElvérticeVTATP015(T171)seubicasobrerocasintrusivasintermedias,degranomedio,sonrocascompletamentemeteorizadas(gradoV)yalgunasvecesmoderadamente meteorizadas(gradoIV).EnlaFigura 24seidentificaunalineamientoenrocasdelBatolítodelbagué(Ji),quemarcauncambiomorfológico,posiblementeporefectodefallo de direcciónNSaNW.

**Figura 24** Alineamiento estructural sobre rocas intrusivas del Batolito del bagué (Ji)

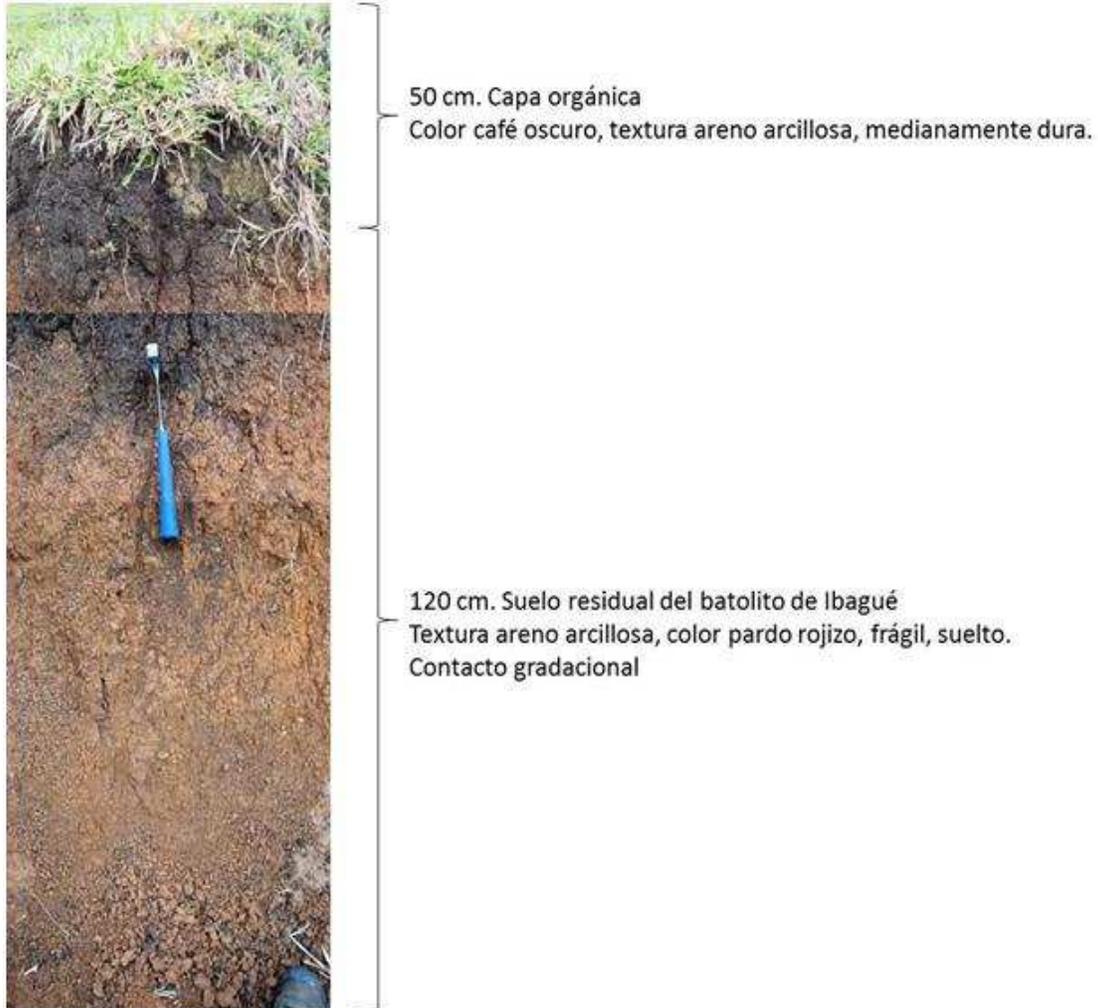


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El sitio donde se ubica el vértice VTATP016 (T86), se localiza en un relieve de montañas altas, con cobertura de pastos, cuyo material parental corresponde a rocas intrusivas del Batolito del bagué (Ji); son rocas intrusivas intermedias, completamente meteorizadas (grado V) a los residuales (grado VI), cuyo perfil de suelo se muestra en la Foto 58

También predomina una cobertura de depósitos de ladera (Qc/Qcd), con bloques superficiales angulares, de diámetro entre 1-2 m y el sitio se ubica al inicio de la ladera; por lo anterior, se recomienda en la etapa de replanteo su birlo aproximadamente 3 m, para aprovechar el terreno plano que hay sobre la cima (Foto 59).

**Foto 58** Perfiles de suelo característico en los suelos residuales del Batolito del Ibagué (Ji)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 59** Depósitos de la ladera (Qc/Qcd) que cubren suelos residuales del Batolito del Ibagué (Ji)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Vértices VTATP019A(T112)–  
VTATP026(T154) Cruce del Batolito del bagué (Ji) y de rocas sedimentarias del Triásico:  
Formación Luisa (Trl) y Formación Payandé (Trp)**

Entre los vértices VTATP019B(T117)-  
VTATP020(T121), se identificó una gran cantidad de deslizamientos, ocasionados por el alto grado de alteración que presenta el Batolito del bagué (Ji) en esta área, como se observa en la Foto 60

**Foto 60 Deslizamientos múltiples en la vía Santa María–  
Gaitania, se evidencia erosión en cárcavas en los depósitos que recubren las laderas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Cerca del VTATP024(T147), por sobre la vía (en GPS 055), se identificó un afloramiento de roca volcánicas (areniscas tobáceas), muy compactas, recristalizadas, color gris claro o crema; presentando varios sistemas de diaclasas que afectan el macizo rocoso, con fracturamiento en forma prismática (Foto 61). Sistemas de diaclasas:

N25°E/43°SE; longitud 1-

5m, densidad de diaclasas cada 10cm, ligeramente abiertas (1mm), sin relleno, con filtración de aguas.

N5°E/8°S; longitud 30cm, cada 10cm, ligeramente abiertas (1mm), sin relleno, con filtración de aguas.

N46°W/65°W; longitud 50cm, densidad cada 10cm, ligeramente abiertas (1mm), sin relleno, filtración de aguas).

**Foto**

**61 Afloramiento de areniscas tobáceas, recristalizadas, Formación Saldaña (Js), GPS 055**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Entre los vértices VTATP025 (T149) - VTATP026 (T154), en la vía Gaitania - Planadas, la Formación Payandé (Trp) aflora como dolitas de color gris oscuro, con alto contenido de carbonatos y estratificación masiva. Se encuentra fuertemente fracturada, debido a la falla de Avimara que sirve de contacto norte.

**Foto 62 Formación Payandé entre los vértices VTATP025 (T149) - VTATP026 (T154)**



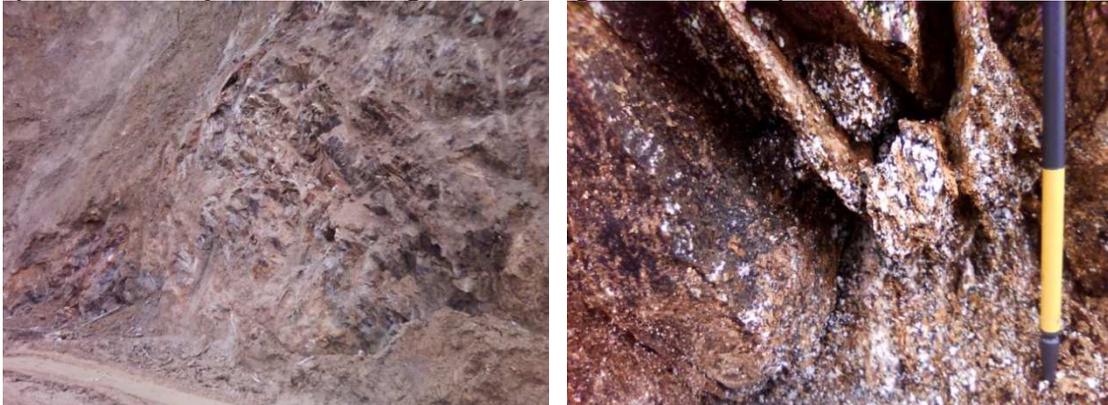
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Vértices VTATP026(T154)-  
VTAPF036N(T210) Cruce de rocas ígneas intrusivas del Batolito del bagué (Ji), y rocas metamórficas del Complejo Icaro (PCAi)**

En el tramo entre los vértices VTATP026(T154)–VTAPF036N(T210) se identificó el Batolito del bagué (Ji), como un cuerpo ígneo de extensión regional, y el Complejo Icaro (PCAi), el cual afora como cuerpos intermitentes de extensión media, con tamaños variables entre unos cientos de metros hasta 2 km<sup>2</sup> aproximadamente, incluidos dentro del Batolito del bagué (Ji).

Composicionalmente se trata de un complejo metamórfico integrado por anfibolitas y gneis anfibólicos, cuarzo–feldespáticos, y biotíticos. Los gneis de composición variada entre anfibólicos, cuarzo–feldespáticos, y biotíticos, presentan bandeamiento, sin texturas evidentes, dado el alto grado de alteración que presenta la roca (Foto 63), por las condiciones climáticas que caracterizan la zona, de temperatura y pluviosidad altas.

**Foto 63** Deslizamiento de talud en la vía Planadas-Bilbao producto de la alteración de los gneis del Complejo Icaro (PCAi) (imagen a la izquierda); detalle del saprolito de estos gneis (imagen a la derecha)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

• **Vértices VTAPF036N(T210)–VTAPF039N(T244)**

Comprende el cruce por sobre la vertiente nororiental del río Hereje hasta el Páramo Meridiano localizado al noroccidente, donde continúa el cruce por sobre rocas ígneas pertenecientes al Batolito del bagué (Ji) como unidad predominante, parcialmente cubierta por depósitos glaciares y fluvioglaciares (Qfg) que se localizan a lo largo del valle del río Hereje y de sus tributarios principales. En las laderas de fuerte pendiente, se presentan rasgos erosivos frecuentes tipo calvas y surcos profundos, con mayor concentración en las zonas afectadas por talas y quemadas de bosque (Foto 64).

**Foto**

**64 Laderas en el Batolito del bagué (Ji) y cobertura de depósitos glaciales fluvio-glaciares en el valle del río Hereje**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Entre los vértices VTAPF036N (T210) a VTAPF037N (T224) se inicia el ascenso por el valle del río Hereje en dirección hacia el páramo Meridiano, donde la unidad litológica continua corresponde al Batolito del bagué (Ji) caracterizada por el desarrollo de un relieve de fuerte pendiente, abrupto y encañonado por sectores. A media ladera son frecuentes acumulaciones de depósitos dependiente conformados por bloques heterométricos constituidos por rocas ígneas y tonalíticas biotíticas y granodioritas (Foto 65).

**Foto**

**65 Bloques heterométricos sobre las laderas ubicados en el rededor del sitio de vértice VATATP039N**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el sitio del VTAPF039N (T244) se realizó una calicata para determinar las características del suelo, encontrando dos horizontes de suelo correspondientes al primero al capa orgánica y el segundo a un saprolito limoarenoso amarillento con vetas negras, que conserva estructuras heredadas de la roca ígnea madre (Foto 66).

**Foto 66 Perfil del suelo tiposaprolitoígneoenelsitiodelVTAPF039N(T244)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

• **Vértices VTAPF039N(T244) - VTAPF039AB=R1(T263)**

En el vano entre el vértice VTAPF039N(T244) y el sitio de torre T245 la litología consta de las rocas ígneas intrusivas del Batolito de Ibagué (Ji) en un relieve de montañas de ambiente fluvio-glaciar, caracterizadas por pendientes muy escarpadas, índice de relieve alto a muy alto y laderas largas a muy largas. El sitio de torre T248 se ubica en

la cima de una montaña de laderas fuertemente escarpadas que hace parte de la Cuchilla Peña Negra. En el sitio y alrededor hay afloramientos rocosos a manera de grandes tablas y de bloques disgregados en el terreno (Batolito de Ibagué,

Ji), el grado erosivo es bajo con predominio de roca expuesta y de algunos sectores menores con exposición de suelo residual; estos bloques se pueden encontrar al nivel de las excavaciones a realizar para la cimentación de las patas de la estructura. Las pendientes lateral y longitudinal son mayores al 25% (Foto 67, Foto 68).

**Foto 67 Cuchilla Peña Negra de relieve fuertemente escarpado (Batolito de Ibagué, Ji), donde se localiza el sitio de torre T248**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

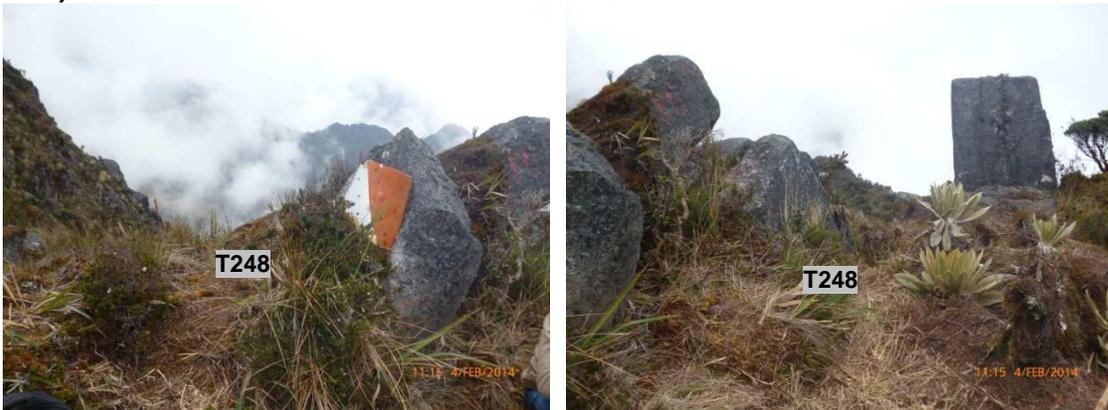
**Foto 68 Aspecto rocoso del cerro donde se ubica el sitio de torre T248, en algunos sectores con exposición de suelo residual, (Batolito de Ibagué, Ji)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el vértice VTAPF039A (T249) la ladera a la derecha es un escarpe rocoso y en el sitio hay bloques disgregados en el terreno, la roca es masiva, de color gris con alto contenido de venas de color blanco, localmente con xenolitos de color gris oscuro, tamaños variables y aristas subangulares (Batolito de Ibagué, Ji) el grado de erosión es bajo, con predominio de roca expuesta (Foto 69), estos bloques se pueden encontrar al nivel de las excavaciones a realizar para la cimentación de las patas de la estructura.

**Foto 69 Bloques rocosos Batolito de Ibagué (Ji), en el sitio del vértice VTAPF039A (T249)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el sitio de torre T250 y alrededores se observaron afloramientos rocosos y bloques disgregados en el terreno, la roca es masiva, de color gris con alto contenido de venas y venillas de color blanco el grado de erosión es bajo, con predominio de roca expuesta; estos bloques se pueden encontrar al nivel de las excavaciones a realizar para la cimentación de las patas de la estructura. Este sitio corresponde al punto más alto de la línea Tesalia – Alférez 250 kV, la geoforma prominente y escarpada ubicada a la

derecha del sitio, resalta en el relieve y es visible desde muchos lugares del páramo (Foto 70).

**Foto 70 Geoforma prominente y escarpada ubicada a la derecha del sitio de torre T250**

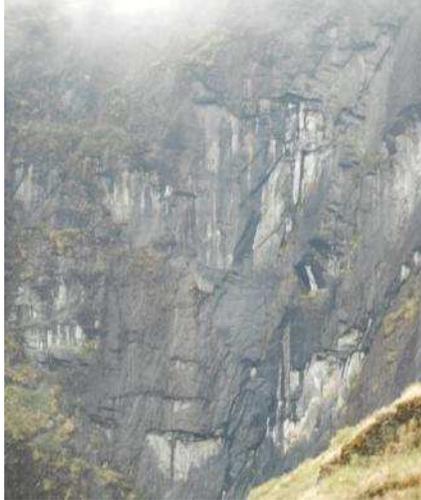


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Entre los vértices VTAPF039A

(T249) a VTAPF039AB=R1 (T263), se realiza el cruce propiamente dicho del Páramo Meridano, en este sector la litología consiste en las rocas ígneas del Batolito del bague (Ji), al occidente en contacto con las rocas del metamórficas del Complejo Cajamarca (PZmc), Foto 71, definido por la Falla Meridiano, de orientación NNE/SSW, el cual a su vez es intruido por el Batolito de Santa Bárbara (PTRcd),

**Foto 71 Afloramientos del Complejo Metamórfico de Cajamarca (PZmc) en el Páramo Meridiano**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el camino de acceso que se desprende de la carretera La Herrera – El Páramo, afloran rocas metamórficas tipo neises y esquistos cuarzo sericíticos pertenecientes al Grupo Cajamarca (PZmc), en general toda la roca presenta abundantes venillas y vetas blancas, orientadas, que en algunos casos efervescen con el Hcl (Foto 72).

**Foto 72 Rocas metamórficas tipo neises y esquistos cuarzo sericíticos pertenecientes al Grupo Cajamarca (PZmc), camino de acceso al páramo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El Páramo Meridiano constituido por rocas metamórficas y granitos, conforma un paisaje labrado por glaciares de montaña, relacionados con el período de los últimos 130.000 años, correspondiente al ciclo del último interglacial-glacial cuaternario. El modelo determinado por la denudación glaciaria sobre los materiales espereales, muestra una evidencia de cubrimiento de cenizas volcánicas y está representado por geoformas

ipocirco, artesa, ollaglaciar y complejos de morrenas, entre otras geoformas. Resalta la forma a serrada de la cuchilla El Serrucho (Foto 73), con exposición de afloramientos rocosos subverticales correspondientes a los esquistos negros del Grupo Cajamarca (PZmc) y la presencia de múltiples lagunas y pantanos de origen glaciar (Foto 74).

**Foto 73 Geoforma serrada, de la cuchilla El Serrucho**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 74 Complejo de lagunas y pantanos de origen glaciar, localizado en el páramo Meridiano**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Se presentan sectores rocosos y rasgos erosivos tipo lavado de la roca, en los cerros de mayor altura. En las zonas de valle, los suelos saturados por la elevada humedad y el intenso pastoreo, han generado erosión ligera a moderada, especialmente en las zonas de mayor pendiente.

- **Vértices VTAPF039AB (R1=T263) – R3A (T278-V2)**

El vértice VTAPF039AB=R1(T263) se localiza en la zona más alta de un cerro de pendientes laterales y longitudinales que varían entre el 10% y 20%, la cima es angosta, subhorizontal a levemente inclinada, con eje orientado en dirección N-

S, perpendicular a la línea, hay espacios suficientes para la localización de la estructura y el suelo es saturado con formaciones de roca y poca vegetación, en el sitio se observaron bloques rocosos, afloramiento, rasgos erosivos y procesos de remoción en masa (Foto 75).

**Foto 75 Panorámica vértice R1 = VTAPF039AB (T263)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

Este tramo comprende el cruce de un relieve montañoso de origen fluvio-glaciar donde en la zona comprendida entre los sitios de torre T264-V2 a T269-V2, correspondiente con la región de Norales, predomina una actividad erosiva baja, representada en las laderas de los cerros, por afloramiento y escarpes rocosos con roca expuesta y esporádicamente algunas calvas de erosión (Foto 76).

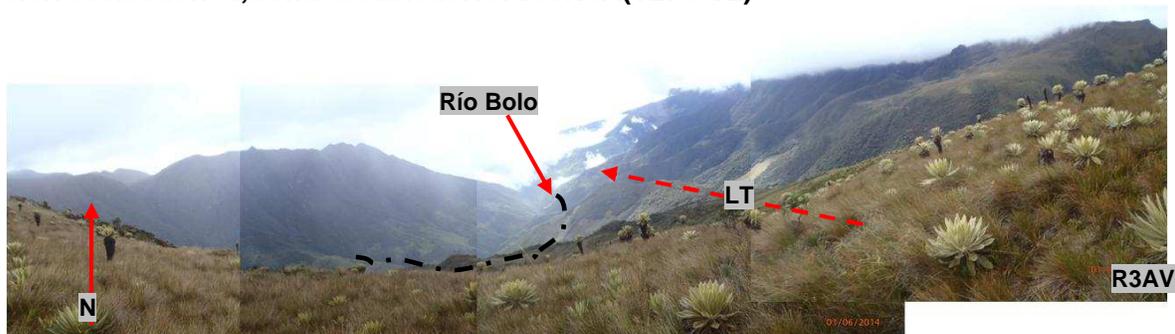
**Foto 76 Panorámica de la región de Norales localizada adelante del vértice VTAPF039AB(R1=T263)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Entre los sitios de torre T269-V2 y el vértice R3 (T272-V2) se realiza el cruce de la cuchilla Mendoza correspondiente también a unazonadepáramodemodeladoglaciar, transiciónentrelascuencas de los ríos Hereje y Bolo. El flanco occidental de esta zona conformaelcierresurenlapartealtadelacuencadelríoBolo (Foto 77).

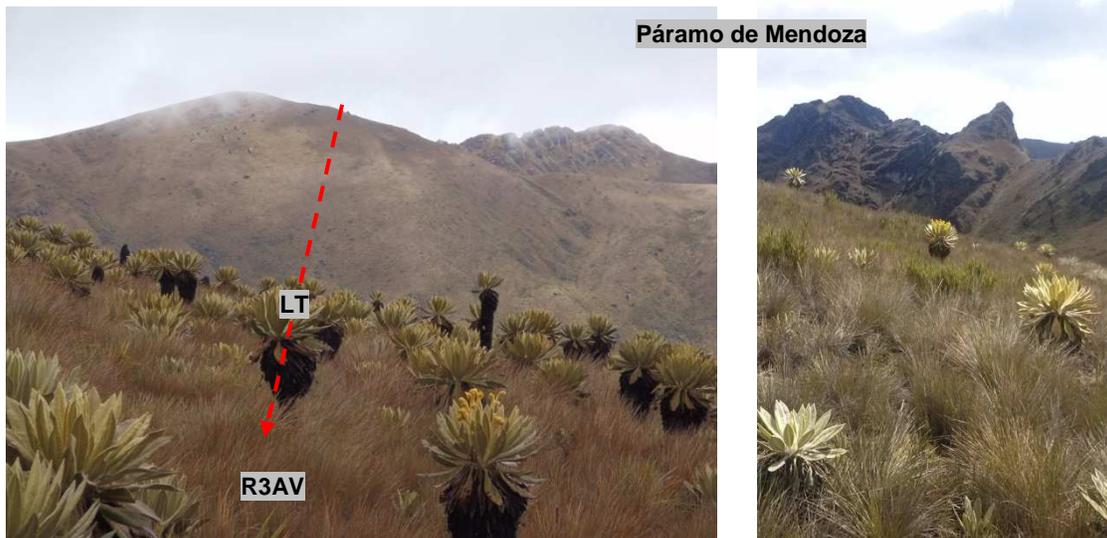
**Foto 77 Vista panorámica de la cuenca alta del río Bolo, tomada desde el borde sur oriental en el cierre de la cuenca, donde se ubica el vértice R3A (T278-V2)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los páramos de Mendoza y Meridiano conforman un sistema de páramos contiguos y extensos de características litológicas y geomorfológicas similares correspondientes a relieves tipo cumbres de artesa o cumbres andinas y cimas de cumbres desarrollados sobre un complejo de rocas ígneas intrusivas y metamórficas de bajo a alto grado (Foto 78).

**Foto 78** Panorámica del relieve de montañas fluvioglaciares en el Páramo de Mendoza, localizada atrás y al derecho del vértice R3A (T278-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice R3 (T272-V2) está localizado en la vereda Bolo Azul del municipio de Pradera, en una zona de morfología montañosa donde la topografía es ondulada y abrupta con pendientes longitudinales y transversales fuertes (Foto 79).

**Foto 79** Panorámica vértice R3 (T272-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

• **Vértices R3A (T278-V2)- R6 (T288-V2)**

En el vértice R3A (T278-V2), la ladera es uniforme, convexa, de longitud extremadamente larga (mayor a 2500 m), dependiente lateral y longitudinal suave, menor al 10%, donde no se observaron bloques rocosos, ni afloramiento; tampoco rasgos erosivos ni afectación por procesos de remoción en masa; se dispone de espacio amplio y suficiente para la localización de la estructura y no se requiere obras de protección ni manejo de

guas. En cercanías del sitio no se observaron cuerpos de agua, aproximadamente a unos 300 m antes del vértice R3AV, el terreno es húmedo, encharcable, con formación de esponjas; la cobertura vegetal consta de frailejones y pajonales y no hay infraestructura próxima al sitio (Foto 80).

#### Foto 80 Detalles de la ladera donde se ubica el vértice R3A (T278-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El predio corresponde a la finca Los Tanques, vereda Bolo Azul, propiedad de Fernando Ramírez. El acceso al vértice se realiza por el camino de herradura que parte del sitio denominado La Punta (escuela Bolo Azul), con aproximadamente 16,0 km de longitud, tiene 3 cruces sobre drenajes principales, en el cruce del río Bolo se dispone de un puente peatonal y en los otros dos cruces no. Por el camino se observaron exposiciones de roca tipo andesita y esquistos cuarzose ricíticos con gradiente de meteorización moderado a alto, pertenecientes al Complejo Cajamarca (PZmc) y la unidad geomorfológica es de ambiente morfogenético fluvio glaciar.

Desde el vértice R3A (T278-V2) se tuvo visual para observar el relieve por donde transcurre el corredor de la línea en la vertiente nororiental del río Bolo, con características de relieve similares hasta aproximadamente el vértice R6 (T288-V2), donde el ambiente morfogenético varía a fluvio gravitacional, el tipo de relieve corresponde a filas, vigas y crestas ramificadas, con laderas como formas predominantes (Foto 81).

0

**Foto 81** Vertiente nororiental del río Bolo localizada adelante del vértice R3A (T278-V2); la posición de la línea es aproximada



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice R4 (T281-V2) se ubica en una zona plana a suavemente ondulada en la cima (Foto 82) de una ladera fuertemente escarpada, donde predomina una cobertura de bloques rocosos, centimétricos a métricos, constituidos por rocas metamórficas tipo esquistos, neises anfibólicos moderadamente meteorizados, roca verde epidotizada y roca ígnea afanítica de color gris, con vetas blancas que esporádicamente efervescen con el Hcl, estos bloques se pueden encontrar al nivel de las excavaciones a realizar para la cimentación de las patas de la estructura; se dispone de espacio amplio y suficiente y no se requiere obras de protección ni manejo de aguas; también se observaron en los alrededores otras zonas con este tipo de cobertura de depósitos fluvio-glaciares (Qfg) (Foto 83).

**Foto 82** Vista de la zona donde se localiza el vértice R4 (T281-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 83 Aspectos del depósito fluvioglacial (Qfg) donde se localiza el vértice R4 (T281-V2)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El acceso al vértice R4 (T281-V2) se realiza por el camino de herradura que parte del sitio denominado La Punta (escuela Bolo Azul), con aproximadamente 7,0 km de longitud, tiene 3 cruces sobre drenajes principales, en el cruce del río Bolo se dispone de un puente peatonal y en los otros dos cruces no.

En el camino en el punto GPS MJ14 aflora un conglomerado de falla (Foto 84) y 300 m más abajo se observó en el talud del camino un suelo saprolítico de roca ígnea félsica localizado por debajo de un paquete de esquistos anfibólicos grises. De acuerdo a lo observado en el recorrido hacia el vértice R4 (T281-V2), en el macizo rocoso predominan rocas metamórficas en grado de metamorfismo variando desde bajo hasta alto, conformadas por esquistos negros, esquistos cuarzo sericíticos y neises anfibólicos, con algunas ventanas pequeñas de roca ígnea, por su escala no mapeables. Según el mapa de geología la unidad metamórfica corresponde al Complejo Cajamarca (PZmc) y la unidad ígnea al Batolito de Santa Bárbara (PTRcd).

**Foto 84 Conglomerado de falla localizado en el camino de acceso al vértice R4 (T281-V2) (punto GPS MJ14)**

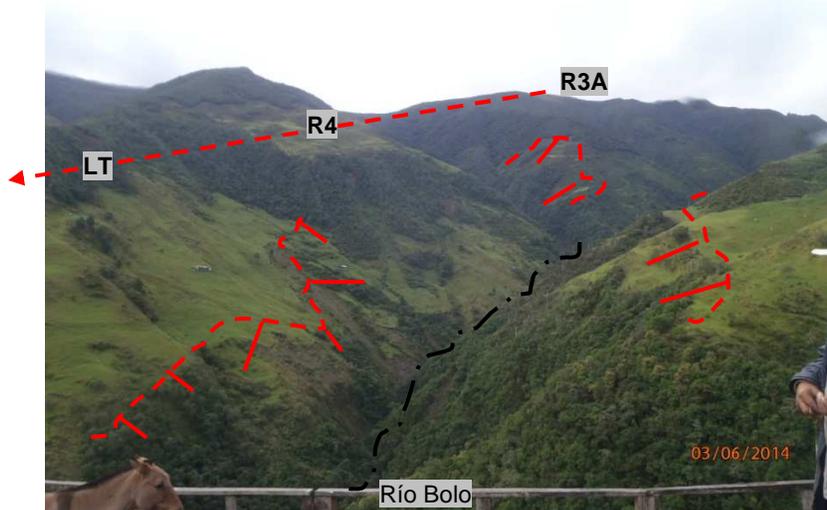


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La unidad geomorfológica es de ambiente morfogenético fluvio glaciar, con desarrollo de relieves tipo filas, vigas y crestas ramificadas, como formas del terreno predominan cornisas y hombreras, el índice de relieve es alto y la longitud de las laderas varía de larga a muy larga (>1000 m).

Durante el recorrido al sitio, se logró evidenciar en las laderas de ambas vertientes del río Bolo, una alta susceptibilidad erosiva y a procesos de remoción en masa, denotada por la recurrente presencia de coronas y deslizamientos con corrimientos activos que predominan hasta aproximadamente 300 a 400 m arriba del nivel base del río; esta afectación en casi todos los terrenos localizados a la derecha y por debajo del sitio, motivo localizar la línea por sobre los terrenos en donde no predominan erosiones y deslizamientos (Foto 85) de tal manera que en el sitio seleccionado no se evidenciaron rasgos erosivos ni procesos de remoción en masa.

**Foto 85** Vista panorámica de las laderas que conforman el cañón del río Bolo y de la intensa actividad erosiva que se presenta hasta aproximadamente 300-400 m arriba del nivel del río; la posición de la línea es aproximada



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

No se observaron cuerpos de agua cercanos al sitio. La cobertura vegetal consta de pastos y árboles dispersos, hay un bosque nativo intervenido localizado 30 m a la derecha de la línea y un tanque de agua 300 m a la izquierda. El acceso al vértice se realiza por el camino de herradura que parte del sitio denominado La Punta (escuela Bolo Azul), con aproximadamente 7,0 km de longitud, tiene 3 cruces sobre drenajes principales, en el cruce del río Bolo se dispone de un puente peatonal y en los otros dos cruces no.

El vértice R5 (T286-V2) se ubica a media ladera de un filo de pendiente lateral y longitudinal variando entre el 10% y el 20% donde no se observaron bloques rocosos, ni afloramiento; tampoco rasgos erosivos ni afectación por procesos de remoción en masa (Foto 86).

### Foto 86 Vista del sitio donde se localiza el vértice R5 (T286-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

No se tuvo visual para la toma de imágenes panorámicas debido a la alta nubosidad y al predominio de una densa cobertura de helechos y rastrojo bajo; el sitio es amplio con espacio suficiente, todas las patas de la estructura quedan bien acomodadas y no se requiere obras de protección ni manejo de aguas.

En los alrededores especialmente a la izquierda de la línea y en la parte inferior, se conforman dos planes o descansos topográficos con una extensa cobertura de depósitos superficiales clásticos no consolidados, conformados por bloques de tamaño métrico a mayores (Foto 87), sanos a moderadamente meteorizados, las laderas presentan afectación por surcos, cárcavas, terracetos y patas de vaca y erosión laminar moderada, así como afectación por procesos de reptación severa denotada por la inclinación de casi todos los arbustos (Foto 88).

### Foto 87 Vista del tipo de depósitos superficiales clásticos no consolidados predominante en las laderas de la vertiente nororiental del río Bolo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 88 Procesos erosivos y de reptación en las laderas a la izquierda y abajo del sitio donde se localiza el vértice R5 (T286-V2)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el camino de acceso entre estas zonas y el sitio del vértice R5 (T286-V2) se observaron bolos y bloques de roca metamórfica tipo esquistos cuarzosericíticos y esquistos negros, con grado de meteorización moderado a alto.

En cercanías del sitio no se observaron cuerpos de agua; 500 m a la derecha hay un bosque intervenido; no hay infraestructura cercana, el predio corresponde a la finca El Hoyo o la Berraquera, vereda Bolo Azul, propiedad de Albeiro Espejo Orozco, su casa se localiza aproximadamente 200 m a la izquierda y por debajo de la línea. El acceso al vértice se realiza por un camino de herradura que parte del sitio denominado La Punta (escuela Bolo Azul), con aproximadamente 3,5 km de longitud, tiene 3 cruces sobre drenajes principales, en el cruce del río Bolo se dispone de un puente peatonal y en los otros dos cruces no.

• **Vértices R6 (T288-V2) –R9V (T303-V2)**

El río Bolo labra un valle juvenil en forma de V aguda y pronunciada, de alto gradiente, donde las laderas de mayor pendiente y menor intervención antrópica se localizan en la vertiente suroccidental (Foto

89); en la vertiente nororiental por donde transcurre el corredor para la línea de doble circuito 230 kV Tesalia –Alfárez, entre los vértices R6 (T288-V2) y R7V (T292-V2), estas condiciones mejoran.

**Foto 89** Panorámica entre los vértices R6 (T288-V2) y R7V(T292-V2), se observa el valle del río Bolo en forma de Vaguda profundamente encañonado



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Se cuenta con la carretera que desde el municipio Pradera conduce a la vereda Bolo Azul, hasta el punto conocido como La Punta, esta vía es de tapada, requiere de mantenimiento, adecuación y manejo de derrumbes, especialmente en la zona de la vereda Bolo Blanco (Foto 90), su condición de transitabilidad en general es adecuada en época de verano y sirve como acceso desde el vértice R6 (T288-V2) en adelante, hacia atrás de este vértice, la accesibilidad a la línea solamente es a través de caminos de herradura y senderos.

**Foto 90** Carretera Pradera – vereda Bolo Azul, requiere de mantenimiento y manejo de derrumbes especialmente en la zona de la vereda Bolo Blanco



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En lapartemediadelacuencaelvalledelríoseensancha(Foto 91), lasladeraspresentanpendientessuavizadasensupartemediainferioryenambasvertientesesseconformanconosaluvialesproductodeavalanchastorrencialesdelríoy sus afluentes principales; enestesectorseubicanlasveredaBoloBlancoyelRetiro; lalínealocruzaentrelosvérticesR7V(T292-V2)yR9V(T303-V2), porlapartealtadelavertientenortedelríoBolo.

#### Foto

**91 AspectodelensanchamientodelacuencadelríoBolo, enelsectordelaveredaBoloBlanco, laimagenalaizquierdaesunavistaantesdeestecambio**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

AguasabajodelsitiodenominadoPedregal, elríoBolovuelveaprofundizarsucauce(Foto 92), transcurriendo encañonado hastalasalidaalaampliazonaplanaconformadaporlosabanicosalviales(Qca/Qaa) delvalledelCauca, enestesectorseubicanlasveredasLaFeria, LaRuizayPotrerito; lalínealocruzaentrelosvérticesR9AV(T309-V2)yR12V(T320-V2), porlapartealtadelavertientenortedelrío.

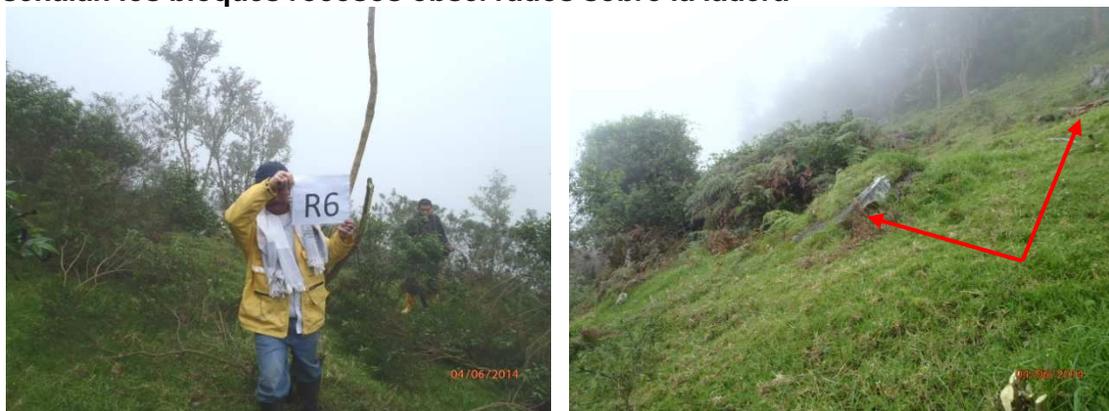
### Foto 92 Vista del valle del río Bolo, aguas abajo del sitio denominado Pedregal



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En este tramo el vértice R6 (T288-V2) se ubica a media ladera de pendiente lateral y longitudinal mayor al 20% donde se observaron algunos bloques rocosos de diámetro promedio mayor a 1,0 m constituidos por rocas metamórficas con diques de mineral blanco (Foto 93); se dispone de espacio amplio y suficiente para la localización de la estructura, todas las patas quedan bien acomodadas y no requieren obras de protección ni manejo de aguas.

### Foto 93 Vistas del sitio donde se localiza el vértice R6 (T288-V2), las flechas señalan los bloques rocosos observados sobre la ladera



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el sitio del vértice no se observaron rasgos erosivos, pero 20 m a la izquierda y abajo del sitio, los terrenos presentan afectación por terracetos, patas de vaca y desprendimientos del terreno en grado de erosión moderado (Foto 94).

**Foto 94**Afectación por soliflución plástica (terracetas y patas de vaca) en los terrenos localizados 20 m a la izquierda y por debajo del sitio del vértice R6 (T288-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La unidad geomorfológica es de ambiente morfogenético fluvio gravitacional, el tipo de relieve corresponde a filas, vigas y crestas ramificadas con laderas como formas predominantes, el índice de relieve es alto y las laderas son de longitud moderadamente larga (250 - 500 m), irregulares.

En cercanías del sitio no se observaron cuerpos de agua y 200 m a la izquierda hay una acequia para alimentar una máquina Peltón; la cobertura vegetal consta de pastos, rastrojo bajo y árboles dispersos y 50 m a la derecha hay un bosque de pinos, actualmente minado (Foto 95) según reporte del baquiano y habitantes de la región, lo que motivó que el vértice quedara localizado 175 m a la derecha del previsto.

**Foto 95**Vista tomada hacia el bosque de pinos que se localiza 50 m a la derecha del vértice R6 (T288-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

No hay infraestructura próxima al sitio. El predio corresponde a la Finca La Punta, propiedad de Héctor Grajales y su casa se localiza aproximadamente 300 m a la izquierda y por debajo de la línea, punto hasta donde llega la carretera Pradera - vereda Bolo Azul, la cual requiere de mantenimiento, adecuación y manejo de derrumbes; la longitud aproximada de la carretera en vía destapada es de 29 km.

El vértice R7V (T292-V2) se ubica en la cima de un cerro amplia, de forma ligeramente ondulada, irregular y escalonada, donde se dispone de espacio suficiente para la localización de la estructura. En el sitio se observaron rasgos erosivos tipo canales difusos y surcos especialmente en las áreas escalonadas de la cima, con grado de erosión bajo. No se observaron bloques rocosos ni afloramiento (Foto 96).

**Foto 96 Vista del vértice R7V (T292-V2), en la imagen a la derecha se observan los escalonamientos que presenta el terreno**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El ambiente morfogenético es fluvio gravitacional, el tipo de relieve corresponde a filas, vigas y crestas ramificadas, con laderas como formas predominantes, el índice de relieve es alto y las laderas son de longitud moderadamente larga (250 - 500 m), irregulares.

En cercanías del sitio no se observaron cuerpos de agua, por el sitio pasa un cable eléctrico aéreo utilizado para alimentar el cercado (Foto 97) y la cobertura vegetal consta de pastos y rastrojo bajo.

**Foto 97 Aspecto de la cobertura vegetal que predomina en el vértice R7V (T292-V2) y del cable eléctrico aéreo que pasa por el sitio utilizado para alimentar el cercado**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El predio corresponde a la Finca La Campiña localizada en el límite entre las veredas Bolo Blanco y Bolo Azul, sus mayordomos son los señores Ana Mestizo y Víctor Salazar, quienes manifestaron no tener información sobre los propietarios del predio; la casa de la finca se localiza aproximadamente 200 m a la izquierda, por debajo de la línea, quedando muy cerca a la carretera Pradera - vereda Bolo Azul, la cual requiere de mantenimiento, adecuación y manejo de derrumbes.

El vértice R8V (T299-V2) se localiza en la vereda Bolo Blanco, predio Las Palmas y no fue inspeccionado debido al reporte de los pobladores y del ejército de que existe riesgo de un campo minado (Figura 25).

**Figura 25 Localización Vértice R8V (T299-V2)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

En el punto GPS MJ23 de la sección geológica realizada por la carretera Pradera – vereda Bolo Azul, a la altura del vértice R8V (T299-V2), aflora un saprolito, de color pardo amarillento, granudo, friable; este material corresponde a un suelo arenoso limoso, con motas blancas (Foto 98), producto de la degradación de rocas ígneas tipo cuarzodioritas biotíticas, pertenecientes al Batolito de Santa Bárbara (PTRcd).

**Foto**

**98 Afloramiento de un suelo tipo saprolito derivado del Batolito Santa Bárbara (PTRcd), talud de la carretera Pradera – vereda Bolo Azul (GPS MJ23)**

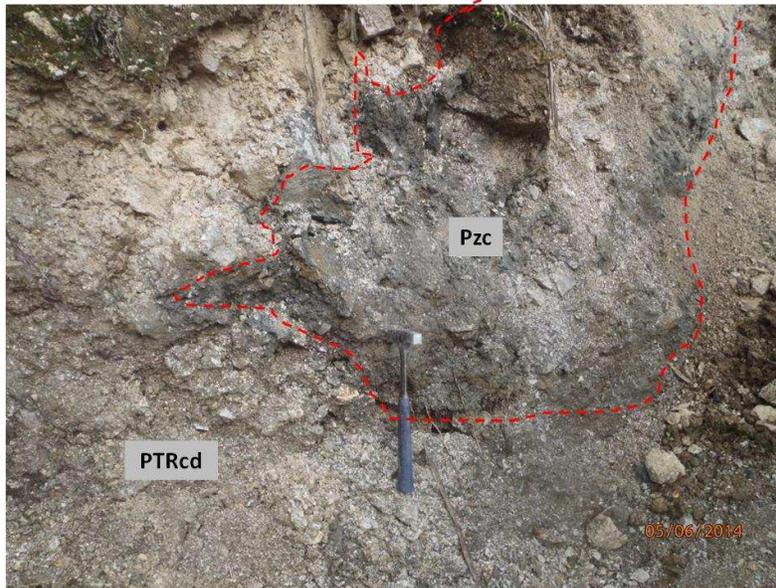


Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

La exposición de este material se prolonga por la carretera hasta el punto GPS MJ24, donde continúan esquistos del Complejo Cajamarca (PZmc); la relación observada es de carácter intrusivo (Foto 99).

**Foto**

**99 Afloramiento donde se pudo observar la relación entre el Batolito de Santa Bárbara (PTRcd) y los esquistos del Grupo Cajamarca (PZmc)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

El vértice R9V (T303-V2), se ubica en la cima del cerro Los Pinos en el límite entre las veredas El Retiro y Bolo Azul. La cima es de pendiente subhorizontal, en el punto seleccionado para el vértice es angosta (Foto 100) pero a la derecha de la línea se prolonga tal que se dispone de espacio suficiente para la localización de la estructura y no se requiere obras de protección ni manejo de aguas (Foto 101); en el sitio no se observaron bloques rocosos, afloramiento, tampoco rasgos erosivos ni procesos de remoción en masa. Debido a la alta nubosidad y predominio de densa cobertura vegetal, no se tuvo visual para la toma de imágenes panorámicas.

**Foto 100 Vista del vértice R9V (T303-V2) ubicado en la cima del cerro Los Pinos, de pendiente subhorizontal angosta**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 101**Detalle de la prolongación de la cima del cerro Los Pinos a la derecha del vértice R9V (T303-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El cerro Los Pinos es de laderas fuertemente escarpadas, afectadas por frecuentes escalonamientos y desprendimientos del terreno, a manera de terracetos y patas de vaca, rasgos observados por el camino de acceso al sitio, a la izquierda y por debajo de la línea.

Según el mapa de geología la unidad litológica corresponde al Complejo Bolo Azul (PZba) visto en el punto MJ27 de la sección geológica realizada por la carretera Pradera – vereda Bolo Azul, donde aflora un neis hornbléndico con abundante contenido micáceo tipo muscovita, gránulos de cuarzo y feldespato, con alto grado de alteración (Foto 102).

**Foto 102**Neis hornbléndico, con alto grado de alteración, Complejo Bolo Azul (PZba), afloramiento en talud de la carretera Pradera – vereda Bolo Azul (GPS MJ27)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El ambiente morfogenético es fluvio gravitacional, el tipo de relieve corresponde a filas, vigas y crestas ramificadas, con laderas como formas predominantes, el índice de relieve es alto y las laderas son de longitud moderadamente larga (250 - 500 m), irregulares.

En cercanías del vértice R9V(T303-V2) no se observaron cuerpos de agua, a la izquierda y a más de 500 m transcurre el río Bolo profundamente incisionado y encañonado. El predio corresponde a la Hacienda El Retiro, en límites entre las veredas El Retiro y Bolo Azul, propiedad de Laureano Escobar; cerca del sitio no hay infraestructura productiva, la carretera Pradera - vereda Bolo Azul bordea el cerro y la línea la cruza atrás y adelante del vértice a una distancia variando entre 250 y 600 m, el punto atrás se conoce como La Vuelta al Conejo; esta vía requiere de mantenimiento, adecuación y manejo de derrumbes.

- **Vértices R9V (T303-V2) – R12V (T320-V2)**

En el tramo comprendido entre los vértices R9V (T303-V2) y R9VA (T309-V2), la línea cruza por sobre dos fallas pertenecientes al Sistema Romeral, de orientación aproximada N-S; en la zona este sistema constituye el rasgo estructural más prominente, demarca el límite occidental del cinturón de rocas metamórficas Paleozoicas que conforman la litología en la variante (vértices R3A (T278-V2) a R9V (T309-V2)), representadas por el Complejo Cajamarca (PZmc), Complejo Bolo Azul (Pzba) y Grupo Bugalagrande (Pzb), con el acuñaamiento de este último en las rocas basálticas Juratriásicas del Complejo Barroso Amaime (Kiba/Jka), ubicadas al occidente del sistema de fallamiento. Estas fallas son inversas de ángulo alto, posiblemente movidas como fallas de rumbo (strike slip) por lo menos una vez durante su evolución, indicando una compleja y múltiple historia de movimientos.

El vértice R9VA (T309-V2), se ubica sobre la cima de una montaña con eje de alargamiento perpendicular a la línea; la cima es subhorizontal, amplia, donde se dispone de espacio suficiente para la localización de la estructura y no se requiere obras de protección ni manejo de aguas; en el sitio no se observaron bloques rocosos, afloramiento, tampoco rasgos erosivos ni procesos de remoción en masa. Debido a la alta nubosidad y predominio de densa cobertura vegetal, no se tuvo visual para la toma de imágenes panorámicas (Foto 103).

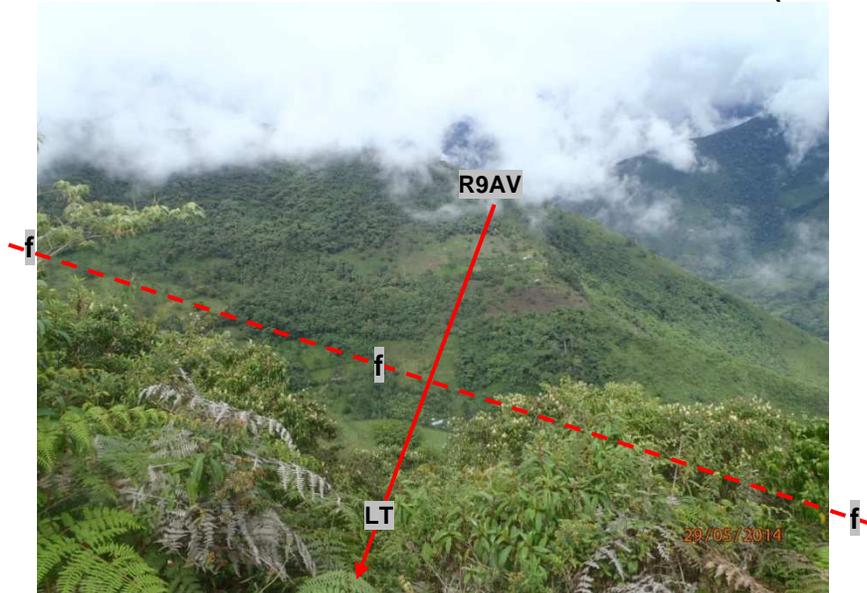
**Foto 103 Vértice R9VA (T309-V2) con densa cobertura vegetal**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Según el mapa de geología la unidad litológica corresponde al Complejo Barroso-Amalme (Kiba/Jka) y en el tramo entre los sitios de vértice R9VA (T309-V2) y R10V (T312-V2), la línea cruza por sobre un lineamiento de falla inferida, de dirección predominante N-S que afecta a las rocas basálticas; la expresión de esta falla no fue claramente evidenciada en campo, aunque se asume que puede corresponder al contraste morfológico y lineamiento del drenaje que se observó desde el vértice R10V con visual hacia el vértice R9VA (T309-V2), Foto 104

**Foto 104 Vista atrás hacia el cerro donde se ubica el vértice R9AV (T309-V2)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El ambiente morfogenético es fluvio gravitacional, el tipo de relieve corresponde a filas, vigas y crestas ramificadas, con laderas como formas predominantes, el índice de relieve es moderado y las laderas son de longitud moderadamente larga (250 - 500 m), irregulares. La montaña es de mediana altura y laderas escarpadas, con bajo grado de

erosión aunque por el camino de acceso se observó frecuente afectación por terracetos y patas de vaca, rasgos observados en los terrenos localizados a la izquierda y por debajo de la línea.

En cercanías del sitio no se observaron cuerpos de agua, la cobertura vegetal consta de un bosque secundario intervenido. El predio corresponde a la Finca La Camelia, vereda La Feria, propiedad de Emilio Romero; cerca no hay infraestructura productiva, para acceder al vértice se recorre 750 metros de camino de herradura, la carretera Pradera - vereda La Feria se ubica 1.200 m atrás y también es cruzada adelante a 2 km aproximadamente; esta vía solo requiere de mantenimiento.

El vértice R10V (T312-V2), se ubica en la cima de un filo, de pendiente transversal >10% y pendiente longitudinal >15%, donde se dispone de espacio suficiente para la localización de la estructura y no se requiere obras de protección ni manejo de aguas; en el sitio no se observaron bloques rocosos, afloramiento, tampoco rasgos erosivos ni procesos de remoción en masa (Foto 105).

#### Foto 105 Vista del vértice R10V (T312-V2) y visual hacia adelante



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Según el mapa de geología la unidad litológica corresponde al Complejo Barroso-Amalme (Kiba/Jka) y en el tramo entre los sitios de vértice R10V (T312-V2) y R11V (T315-V2), la línea cruza por sobre dos lineamientos de fallas inferidas que afectan a las rocas basálticas, uno tiene prolongación al sur cruzando el río Bolo y el otro se interrumpe; Este sistema y el definido en el tramo entre los vértices R9AV y R10V, hacen parte del mismo tren estructural del Sistema de Fallas Romeral, de dirección predominante N-S y extensa prolongación tanto al norte como al sur.

El ambiente morfogenético es fluvio gravitacional, el tipo de relieve corresponde a filas, vigas y crestas ramificadas, con laderas como formas predominantes, el índice de relieve es moderado y las laderas son de longitud moderadamente larga (250 - 500 m), irregulares. Las montañas son de mediana altura y laderas moderadamente inclinadas, con bajo grado de erosión.

Hay un drenaje a 1,0 km aproximadamente. La cobertura vegetal consta de rastrojo bajo y árboles dispersos; no hay infraestructura productiva próxima al sitio. El acceso es por un sendero con aproximadamente 750 m de longitud.

El vértice R11V(T315-V2), quedó ubicado a media ladera cerca de la cima de un cerro de altura media; las pendientes lateral y longitudinal del terreno varían entre el 10% y el 20%, se dispone de espacio suficiente para la localización de la estructura y no se requiere obras de protección ni manejo de aguas; en el sitio no se observaron bloques rocosos, afloramiento, tampoco rasgos erosivos ni procesos de remoción en masa (Foto 106); en los alrededores y por el camino de acceso al sitio del vértice, si se observaron rasgos tipo terracetas y patas de vaca en los terrenos localizados a la izquierda y por debajo de la línea, pero de poca frecuencia por cuanto la zona cuenta con adecuada protección vegetal.

#### Foto 106 Vista del vértice R11V (T315-V2) y visual hacia adelante



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Según el mapa de geología la unidad litológica corresponde al Complejo Barroso-Amalme (Kiba/Jka) vista en el talud de la carretera de la vereda La Carbonera en el punto GPS MJ08, donde afloran diabasas de color pardo amarillento a pardo rojizo y ocre, altamente fracturadas y meteorizadas (Foto 107).

**Foto 107 Afloramiento de diabasas altamente fracturadas y meteorizadas, talud carretera vereda La Carbonera (GPS MJ08)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El ambiente morfogenético es fluvio gravitacional, el tipo de relieve corresponde a filas, vigas y crestas ramificadas, con laderas como formas predominantes (MS36 – 62 e), el índice de relieve es moderado y las laderas son de longitud moderadamente larga (250 - 500 m), irregulares; las montañas son de mediana altura y laderas moderadamente inclinadas.

En cercanías del sitio no se observaron cuerpos de agua, la cobertura vegetal consta de pastos y árboles dispersos. El predio corresponde a la Finca Aguadulce en los límites entre las veredas La Carbonera y Potrerito, propiedad del señor Arnoldo Mejía; 60 m atrás hay una casa, 20 m atrás una línea de 13.2 kV, que requiere reubicación (Figura 36), la carretera Pradera - vereda La Feria se ubica 160 m a la derecha y también es cruzada adelante a 2 km aproximadamente; esta vía solo requiere mantenimiento.

El vértice R12V(T320-V2), se ubica en la cima de un cerro, plana, amplia donde se dispone de espacio suficiente para la localización de la estructura y no se requiere obras de protección ni manejo de aguas; en el sitio no se observaron bloques rocosos, afloramiento, tampoco rasgos erosivos ni procesos de remoción en masa; en el sitio la cobertura vegetal consta de pastos enmalezados o enrrastrojados con algunos árboles dispersos y cultivos frutales (guayabos); en los alrededores y por el camino de acceso al vértice, se observaron rasgos tipo terracetos y patas de vaca en los terrenos localizados a la derecha, izquierda y por debajo de la línea, pero de poca frecuencia por cuanto la zona cuenta con adecuada protección vegetal (Foto 107).

**Foto 108** En el primer plano de la imagen se observa la ladera del cerro donde se ubica el vértice R12V de pendiente moderada a ligeramente inclinada < a 12%



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Según el mapa de geología la unidad litológica corresponde al Complejo Barroso-Amaime (Kiba/Jka) que por meteorización desarrolla suelos residuales arcillosos, de color naranja.

El ambiente morfogenético es fluvio gravitacional, el tipo de relieve corresponde a montañas bajas, con cimas y cerros como formas predominantes, el índice de relieve es bajo y las laderas son de longitud corta (50 - 250 m), irregulares, de pendiente moderada a ligeramente inclinada < a 12%.

En cercanías al sitio no se observaron cuerpos de agua, 300 m adelante hay un reservorio para el riego de caña, ubicado en el Ingenio Papayal en la vereda El Edén y 300 m atrás hay un zanjón seco. Donde está el reservorio se cruza la vía Potrerito - El Tablón y hay un acceso peatonal aproximadamente 400 m a la izquierda y atrás de la línea (Foto 109).

**Foto 109** Las flechas indican el reservorio para el riego de caña del Ingenio Papayal en la vereda El Edén, ubicado 300 m adelante del vértice R12V y la vía Potrerito – El Tablón



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El predio corresponde a la finca La Ruiza, vereda Potrerito, propiedad de Danilo Alberto Duque gerente de Inmobiliario Horizontes S. A, no hay infraestructura productiva próxima al sitio y el acceso es por un sendero con aproximadamente 1.0 km de longitud.

- **Vértices R12V (T320-V2) - R16V=T342**

Desde el sitio del vértice R12V (T320-V2) se tuvo visual hacia el centro poblado Potrerito y a la amplia zona plana conformada por los abanicos aluviales (Qca/Qaa) del valle del Cauca donde se localiza el casco urbano del municipio de Pradera (Foto 110).

### Foto 110 Vista adelante del vértice R12V (T320-V2)

Centro Poblado  
Potrerito



Municipio de  
Pradera

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

A partir de este punto y hasta el vértice R16V=T342, en el descenso al valle aluvial del río Cauca predomina una gran unidad de abanicos aluviales (Qca/Qaa) que corresponden a diferentes eventos morfológicos en la región, incisionados por depósitos aluviales (Qal) más recientes asociados al transporte de materiales de los cuerpos de agua provenientes de la Cordillera Central, tales como los ríos Bolo, Párraga, Fraile y Las Cañas, así como otros menores no cartografiados por su magnitud.

El ambiente morfológico es depositacional, con desarrollo de un paisaje de piedemonte aluvial, el tipo de relieve corresponde a abanicos aluviales ubicados entre los abanicos aluviales recientes y los grandes abanicos aluviales subrecientes (PA5-62C, PA6-37b, PA2-37A), en su mayor extensión cultivados en caña de azúcar, el índice de relieve es muy bajo.

El cruce del río Bolo se realiza entre los vértices R12V (T320-V2) y R13V (T325-V2), en una zona susceptible de inundación y por la conformación de las barras aluviales, se observó cambio en el curso del río (Foto 111).

**Foto 111** Cruce con el Río Bolo entre los vértices R12V (T320-V2) y R13V (T325-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

En el vértice R13V (T325-V2) la línea Tesalia – Alférez 230 kV transcurre por sobre la ampliazona plana conformada por los abanicos aluviales (Qca/Qaa) del valle del Cauca, estos son depósitos de abanicos de pendientes planas a ligeramente inclinadas, en sectores con un aumento ligero en la pendiente, haciéndose moderadamente inclinados e irregulares a planos (Foto 112).

**Foto 112** Vértice R13V (T325-V2) ubicado en un abanico aluvial moderadamente inclinado, irregular



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice R14V (T338-V2) está localizado en una zona de morfología plana, con pendientes longitudinales <10% y transversales <10%, donde la cobertura predominante corresponde a cultivos permanentes herbáceos (caña de azúcar) con cercas vivas. Este sector se caracteriza por disponer de sitios amplios para la ubicación de las estructuras, geológicamente estables y firmes (Foto 113).

**Foto 113 Vértices R14V (T338-V2), imagen a la izquierda y R16V = T342 imagen a la derecha, se ubican en abanicos aluviales (Qca/Qaa) de pendiente plana**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Entre los vértices R14V (338-V2) y R15V (T350-V2) se realiza el cruce del río Fraile (Foto 114) y entre el vértice R15 (T350-V2) a R16 (T359-V2=T342) se transcorre por sobre los depósitos aluviales (Qal) asociados al río Las Cañas, que presentan suelos de textura arenosa media, micácea, medianamente sueltos, con un 40% de clastos redondeados de gabros, neises, esquistos, de diámetro promedio 5-9 cm (Foto 115).

**Foto 114 Perfiles de suelo de plano aluvial, río Las Cañas (GPS166)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 115 Vista atrás y delante de los vértices R14V (T338-V2) y R15 (T350-V2)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

El vértice R16 (T359-V2 = T342) se localiza en el municipio de Florida, en una zona de morfología plana, con pendientes longitudinales y transversales <10% y transversales <10%. Este sector se caracteriza por disponer de sitios amplios para la ubicación de las estructuras, geológicamente estables y firmes, con cultivos de caña y cercas vivas como cobertura predominante (Foto 116).

**Foto 116 Panorámica y sitio de torre vértice R16 (T359-V2 = T342)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

En los depósitos aluviales (Qal) menores localizados en este tramo, no cartografiables por su magnitud, en muchos casos se observaron suelos blandos, de textura arcilloarenosa, micáceos, abundantes raíces, color café oscuro y profundidad observada entre 15 cm–50 cm (Foto 117).

**Foto 117 Depósitos aluviales (Qal) asociados a suelos blandos observados en depósitos aluviales (Qal) menores, no cartografiables por su magnitud (GPS 171)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En otros casos se identificaron depósitos aluviales (Qal), cuyo suelo son de color café oscuro, textura arcilloarenosa, algomacácea, con un espesor observado de 25 cm (Foto 118); el terreno es plano y muy homogéneo (Foto 118) y planos aluviales cuyo suelo también son de textura arcilloarenosa pero con aumento en el porcentaje de arena a medida que aumenta la profundidad; café oscuro, con abundantes raíces (Foto 118).

**Foto**

**118 Depósito aluvial arcilloarenoso, en terrenos planos, muy homogéneos (GPS 173y174)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Vértices R16 (T359-V2=T342)- VTAF A045 (T385). Cruce de abanicos aluviales (Qca/Qaa) asociados al piedemonte de la vertiente occidental de la Cordillera Central**

Entre los vértices R16 (T359-V2=T342)- VTAF A045 (T385), se cruza una gran unidad cartografiada como abanico aluvial (Qca/Qaa), de pendiente ligeramente inclinada (0-8%); conformada por depósitos coluviales compuestos de suelos arenolimoarcillosos, color café oscuro, con espesor observado de 40 cm. Superficialmente se encuentran clastos de rocas intrusivas y metamórficas, subangulares, de diámetro promedio 1-7 cm (Foto 119), su textura es homogénea, en el depósito se identificaron sitios donde el suelo es arenagrua o conglomerática, con aproximadamente 20% de clastos subredondeados, composición

derocas intrusivas y metamórficas como pórfidos y gabros, de diámetro 1-10 cm, espesor observado 30 cm, son sueltos.

**Foto**

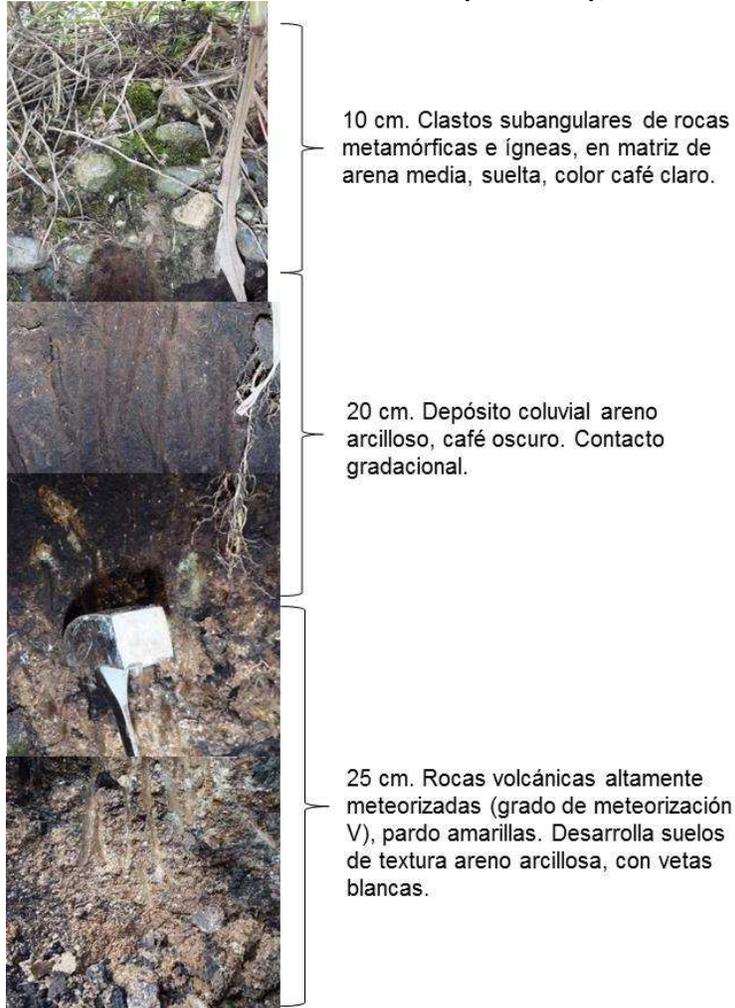
**119 Perfil de suelos y forma de clastos superficiales en depósito coluvial aluvial (Qca/Qaa)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Hacia el sur del municipio de Florida, se observaron cambios en la morfología de los abanicos aluviales, con un aumento ligero en la pendiente, y cambio en el perfil de los suelos, pudiendo encontrarse material parental apenas a una profundidad de 30 cm (Foto 120).

**Foto 120 Perfil de suelo en depósito coluvial aluvial (Qca/Qaa), GPS167**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

• **Vértices VTAF A046A(T404)–VTAF A047(T408) y Subestación Alférez**

Los vértices VTAF A046A(T404)–VTAF A047(T408) y la Subestación Alférez se localizan sobre depósitos aluviales (Qa1) del margen izquierdo del río Cauca, en el Valle de Lili, municipio de Cali.

Los vértices VTAF A046(T400), VTAF A046A(T404), VTAF A046B(T406) y VTAF A047(T408), se ubican en suelos arcillosos, color café oscuro, con abundantes raíces, medianamente duros (Foto 121). La Foto 122 muestra un perfil de suelo característico en esta región.

**Foto 121 Suelos en vértice VTAFA046B(T406)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 122 Perfil de suelo, alrededores del vértice VTAFA047(T408), GPS176**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.2 Amenazas naturales en el área de influencia del Proyecto (Ally AID)

El término Amenazas Naturales se refiere a "... todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) y los incendios que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades. La calificación de "natural" excluye a todos los fenómenos causados exclusivamente por el hombre, tales como las guerras y la contaminación"<sup>93</sup>.

Para la zonificación de amenazas naturales se tuvieron en cuenta tres principios básicos que se relacionan entre sí, y que según Varnes (1984)<sup>94</sup> deben considerarse en este tipo de estudios:

El presente y pasado son claves para el futuro. Adaptado al principio de similitud geomorfológica definido por Krinine & Judd (op.cit.), el cual establece que el suceso de cualquier proceso natural en el futuro se relaciona directamente con las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrológicas, que han llevado al desarrollo de procesos en el presente y en el pasado.

Según García y Amórtegui (2009)<sup>95</sup>, este principio no necesariamente señala la ausencia de procesos en el presente y pasado sea un indicador de la no existencia de estos en el futuro. Más aún, la susceptibilidad a nuevos procesos puede incrementarse por actividades antrópicas que alteran las condiciones topográficas e hidrológicas naturales.

Es aplicable cuando las condiciones del pasado y del presente que produjeron los procesos no identificadas, y siguen ejerciendo una gran influencia o cuando pueden ser evaluados los efectos de los cambios por nuevas condiciones a las que se ha sometido el terreno. Esto conlleva al segundo principio.

Identificación de las condiciones principales que causan los procesos. Las causas básicas para el desencadenamiento de los procesos por las amenazas en estudio pueden establecerse del análisis de varios casos de falla específicos. En un área dada, muchas de estas causas se reconocen y sus efectos pueden ser evaluados, al igual que relacionarse con los procesos naturales ocurridos en el pasado.

Para el análisis de amenazas naturales en el área de influencia del Proyecto, se contó con la participación de geólogos, geotecnistas, ingenieros ambientales y forestales, que verificaron los resultados obtenidos con la herramienta SIG y con la información recopilada de los reconocimientos de campo, relacionada con las amenazas naturales evaluadas.

Estimación de los grados de amenaza. Cuando se identifican las condiciones y procesos que inducen la inestabilidad y la ocurrencia de eventos naturales amenazantes, a veces se

<sup>93</sup><http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea57s/ch005.htm#TopOfPage>

<sup>94</sup>Varnes, 1984. Landslide Hazard Zonation: A review of principles and practice. UNESCO, Paris.

<sup>95</sup>García, Manuel y Amórtegui, José (2009). Taller de capacitación en ingeniería geotécnica de oleoductos. Documento elaborado para ECOPEL, Oleoducto Caño Limón – Coveñas. Cúcuta, Colombia.

posible estimar su contribución relativa y dar algúnamedición cualitativa o semi-cuantitativa en cada sitio estudiado, logrando de esta manera definir el grado de amenaza, que dependerá del número de factores actuantes que inducen a fallamiento, su severidad y su interacción.

### 3.2.2.1 Metodología

Lo más importante en la zonificación de amenazas naturales, es comprender los factores intrínsecos que definen las susceptibilidades del terreno, como litología y estructuras geológicas, condiciones de las aguas subterráneas y de cobertura vegetal. El grado de amenaza se determina al relacionar las susceptibilidades del terreno con factores desencadenantes (como las condiciones climáticas y sísmicas, actividad antrópica, etc.), los cuales también son categorizados de acuerdo con su capacidad de daño o de afectación. Las variables consideradas en cada una de las amenazas evaluadas, se establecieron con base en las guías metodológicas de Varnes (op.cit.), Van Westeen (op.cit.), INGEOMINAS et al. (2001)<sup>96</sup>, y en la experiencia del grupo evaluador, conformado por profesionales de diferentes ramas de la ingeniería y de las ciencias.

El método de zonificación considerado en este estudio, tiene en cuenta técnicas de recopilación y análisis de información descritas por Varnes (op.cit.) y Van Westeen (1998)<sup>97</sup>:

Uso de Sensores Remotos. Interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas de diferentes épocas.

Estudios de Campo. Tienen como finalidad corroborar y complementar los procesos antiguos, existentes y potenciales identificados mediante el uso de sensores remotos.

Sistemas de Evaluación Numérica de la Amenaza. Técnica que evalúa cuantitativamente la importancia de los factores intrínsecos y detonantes que contribuyen al surgimiento de las amenazas naturales analizadas (Varnes op.cit.). En el proyecto se trabajó con el sistema de información Geográfica ArcGis 10.

Superposición de Mapas e Integración Espacial de la Información. Para el uso de estas técnicas se obtuvo la información concerniente a topografía, geología, cobertura vegetal, usos del suelo, precipitación y amenazas sísmicas; además, se definieron los rangos y valores de ponderación para cada uno de los factores que influyen en la evaluación de las susceptibilidades del terreno y de la amenaza respecto a los eventos naturales.

De acuerdo con las características del proyecto y la magnitud del área de estudio, con un área de influencia directa de 827,13 e indirecta de 30.102,74 ha, se estableció una escala de trabajo 1:25.000.

A continuación se relacionan los tipos de amenazas naturales evaluados en el proyecto.

96 INGEOMINAS y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2001). Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.

97 INGEOMINAS (1998). Introducción a los deslizamientos: Uso de los SIG en el mapeo de deslizamientos. Curso de Capacitación. Bogotá, Colombia.

Amenaza Sísmica. En su evaluación se tuvieron en cuenta aspectos técnicos considerados en la Norma Sismo-resistente Colombiana (NSR-10), con base en los cuales se establecen las zonas de amenaza sísmica a nivel nacional.

Amenaza por Licuación. Se analizó la información primaria y secundaria disponible para el estudio y se definieron las unidades geológicas susceptibles a este tipo de amenaza, teniendo en cuenta las características litológicas y geomorfológicas, cuya valoración se realizó con base en los criterios definidos en la Tabla 4.

**Tabla 4 Criterios de valoración de susceptibilidad por licuación**

Criterios de valoración	Ponderación
Muy baja	1
Baja	2
Moderada	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La evaluación de amenaza por licuación se realizó mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$AL = (SL + SG + IN + HDG) * (fs)$$

Donde:

AL = Amenaza por licuación.

SL = Susceptibilidad por litología (tipo de materiales).

SG = Susceptibilidad por geomorfología (depósitos aluviales).

IN = Susceptibilidad por procesos de inundación (si existe en el proyecto)

HDG = Susceptibilidad por hidrogeología (acuíferos libres, acuíferos confinados, acuíferos de tipo artesianos, etc.)

fs = Factor sísmico (amenaza sísmica).

Amenaza por avenidas torrenciales. Se utilizó un método semicuantitativo, por evaluación numérica y superposición de aspectos como precipitación, densidad de drenaje, tiempo de concentración, en la cuenca involucrada en el área de influencia indirecta del Proyecto. La evaluación de amenaza por avenidas torrenciales obedeció a la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Amenaza\ Torrencial(AT) = 0.4 \times P + 0.4 \times Tc + 0.2 \times Dd$$

Donde:

AT = Amenaza por avenidas torrenciales.

P = Nivel de amenaza según la precipitación media total anual en la cuenca.

Tc=Niveldeamenazasegún elTiempodeconcentración delacuena.  
 Dd=Niveldeamenazasegún laDensidaddeDrenajedelacuena.

Amenazaporinundaciones.Evaluacióndeáreasusceptiblesaaafectaciónporesteproces o, conatención especialalarelaciónentreloscaucesdecorrientesprincipalesylaexistenciadeáreasadañabajas.Setuvieronencuentalascaracterísticasgeomorfológicasyvariación delaprecipitación(factor detonante).Seaplicó lasiguientefórmula deevaluación:

$$AI=(SG)*(fp)$$

Donde:

AI=Amenazaporinundación.  
 SG1=Susceptibilidadgeomorfológicaporpaisaje  
 SG2=Susceptibilidadgeomorfológicaporrelieve.  
 fp=Factorprecipitación.

Amenazageotécnica.Conbaseen lainteracción delosfactoresintrínsecosylosfactoresde sencadenantesodetonantesqueintervienenenlageneracióndelosfenómenosderemociónenmasa, seestablecelaamenazarelativadelterreno.

Obedece a una evaluación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, integrando las variables litología, densidad de fallas, hidrogeología, geomorfología, pendientes, cobertura del suelo y densidad de drenaje. Esta información se retomó del Capítulo de Zonificación Geotécnica (Capítulo 3.2.9), que se presenta en términos de amenaza. La siguiente fórmula se aplicó en la valoración de amenaza geotécnica.

$$ST=SL+SG+SH+SS+SF+SD+SP + SI$$

Donde:

ST=Susceptibilidad del terreno a los FRM.  
 SL=Susceptibilidad del parámetro litología  
 SG=Susceptibilidad del parámetro geomorfología.  
 SH=Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.  
 SS=Susceptibilidad del parámetro Cobertura del suelo.  
 SF=Susceptibilidad del parámetro densidad de falla.  
 SD=Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.  
 SP=Susceptibilidad del parámetro pendiente del terreno.  
 SI = Susceptibilidad del parámetro Inundaciones

La Zonificación Geotécnica se da en función de:

$$ZG=ST*(FP+FS)$$

Amenaza volcánica. Con base en la información secundaria disponible, se estableció que las áreas de influencia del Proyecto no presentan amenaza volcánica por el Complejo Volcánico Volcán Nevado del Huila.

Amenazas por eventos atmosféricos. Consistió en la evaluación de los principales factores meteorológicos que se tuvieron en cuenta para el diseño mecánico y estructural de la línea de transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV (velocidad de viento, densidad de descargas atmosféricas a tierra).

Amenaza por tsunamis. Esta variable de análisis no se aplicó para la zona de estudio, debido a su ubicación bastante lejana de zonas costeras.

### 3.2.2.2 Amenazas sísmica

El corredor para la Línea de Transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV, atraviesa o está bajo la influencia directa de varios sistemas de fallas geológicas que se consideran activas, la mayor parte de ellas orientadas con rumbo NNE–SSW, en una líneaamiento paralela a las cordilleras Central y Occidental colombianas.

De acuerdo con la información geológica disponible, las fallas activas más importantes asociadas a las Cordilleras Central y Oriental que tienen incidencia en la zona de estudio son las siguientes:

Falla Algeciras (NNE–SSW)  
Falla Gigante (NNE–SSW)  
Falla Las Minas–San Andrés (NNE–SSW)  
Falla La Hocha (N–S)  
Falla El Pital (NNE–SSW)  
Falla Rionegro (E–W)  
Falla del Río Magdalena (NNE–SSW)  
Falla La Cañada (NNE–SSW)  
Falla Corozal (NNE–SSW)  
Falla Betania (NNE–SSW)  
Falla La Plata–Chusma (NNE–SSW)  
Falla del Inzá (NNW–SSE)  
Falla de Avirama (NNE–SSW)  
Falla de Macana (NNE–SSW)  
Falla de Belalcázar (NNE–SSW)  
Falla El Frayle–La Pava (NNE–SSW)  
Falla Saldaña (NNE–SSW)  
Falla Pasode Bobo (E–W)  
Falla Marquetalia (NNE–SSW)  
Falla Siquila (NNE–SSW)  
Falla Tálaga (N–S)  
Falla Guabas–Pradera (N–S)  
Falla Puerto Tejada (N–S)  
Falla Palmira–Buga (N – S)

En la región el trend de fallas Palestina–Romería tienen una alta influencia sísmica, manifestada en los sismos recientes y superficiales que se han

generado en la vertiente occidental de la Cordillera Central, tales como el de Popayán de 1983, el de Páez en 1994, y el de Armenia en 1999, que se sintieron con gran fuerza en esta región; las fallas principales que hacen parte de este sistema y que son atravesadas por el área de influencia del Proyecto son:

Falla Silvia–Pijao (NNE–SSW)  
Falla Las Estrellas (NNE–SSW)  
Falla San Jerónimo (NNE–SSW)  
Falla Crucero Occidental (N–S)  
Falla Guengue (N–S)  
Falla Potrerillos (N–S)

También es necesario considerar los lineamientos de falla de la Cordillera Occidental, entre los que se destacan la falla Cali–Patía, que atraviesa la ciudad de Cali en sentido NNE–SSW, y las siguientes fallas activas:

Falla Bellavista (NNE–SSW)  
Falla Río Jamundí (NNE–SSW)  
Falla Santana (NNE–SSW)  
Falla Roldanillo (NNE–SSW)  
Falla Río Bravo (NNE–SSW)  
Falla Cisneros (NNE–SSW)  
Falla Blanco–El Naranjo (NNE–SSW)  
Falla El Palmar (NNE–SSW)  
Falla Agua Clara (N – S)

Las fallas Santana, Bellavista y Río Jamundí son, después de la falla Cauca–Patía, las más cercanas a la ciudad de Cali.

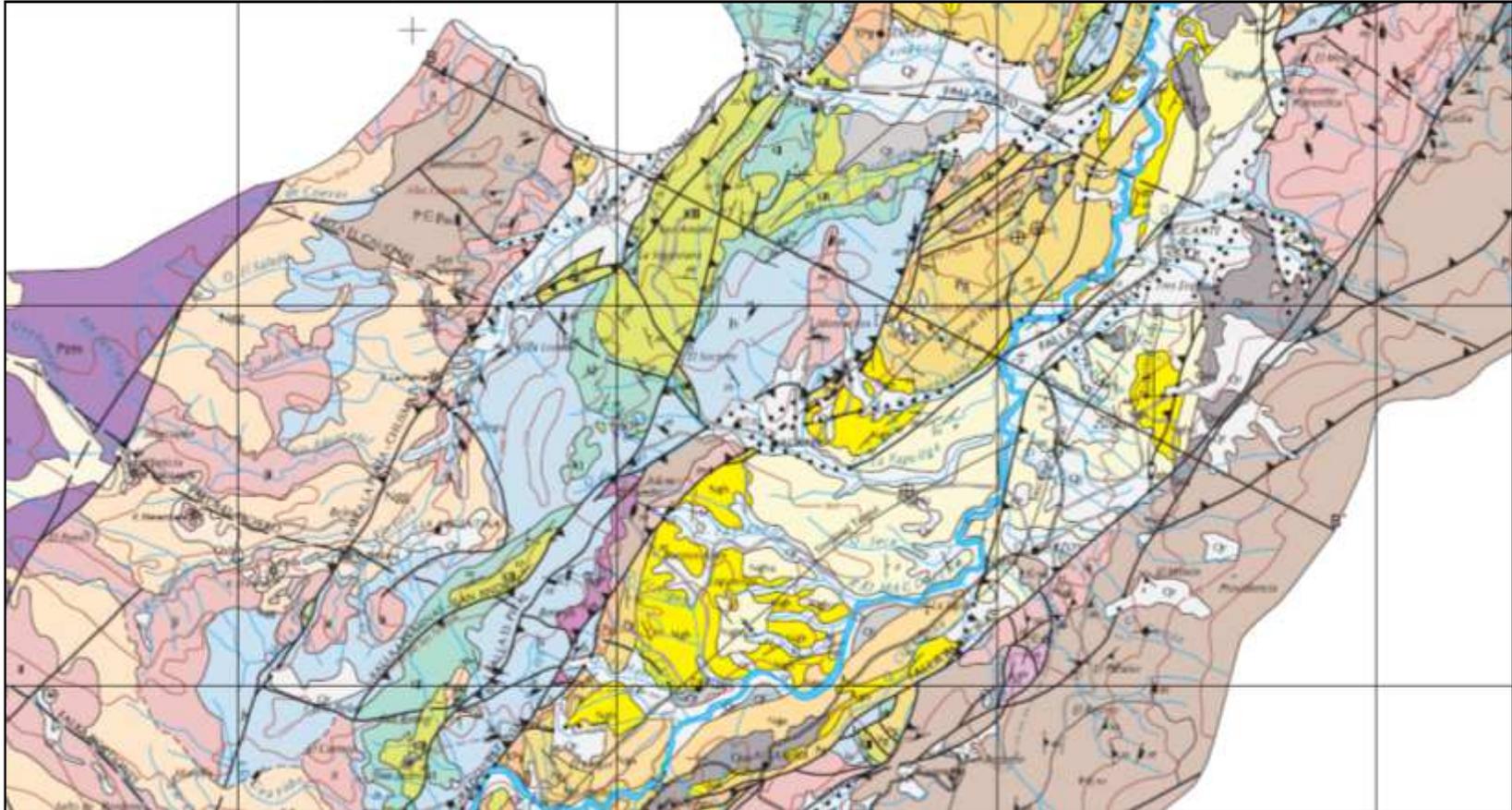
Además de estas fuentes sísmicas debe considerarse también la actividad del Nevado del Huila, el cual puede causar sismos cuya magnitud depende del grado de actividad volcánica, y que es detectados con mayor fuerza en la Cordillera Central.

Por último, la Zona de Subducción del Pacífico puede generar sismos con liberación de grandes cantidades de energía y que pueden sentirse en la Zona Andina colombiana, tal como sucedió con el Sismo de Tumaco en 1979, antecedente más importante de actividad sísmica registrada recientemente.

La actividad de estas fuentes ha generado en la región un relieve montañoso que exhibe afloramientos rocosos altamente fracturados a causa del tectonismo, dándole lugar a su vez a la aparición de laderas coluviales y deslizamientos activos en las áreas de piedemonte.

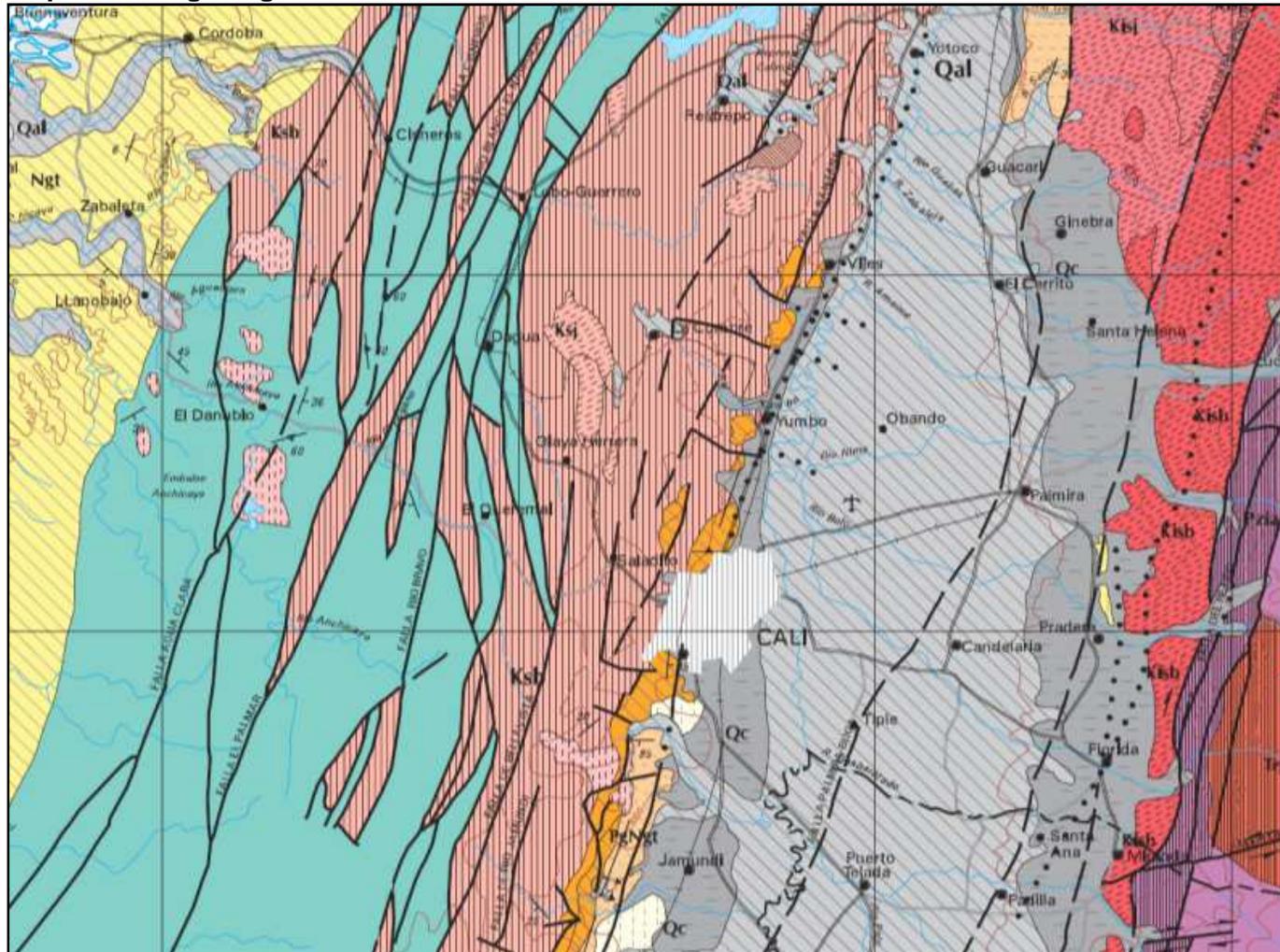
La Figura 26, Figura 27 y Figura 28, muestran las principales fallas geológicas que tienen influencia sobre el corredor de la Línea de Transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV.

**Figura 26 Principales fallas geológicas al oriente del área de influencia del Proyecto**



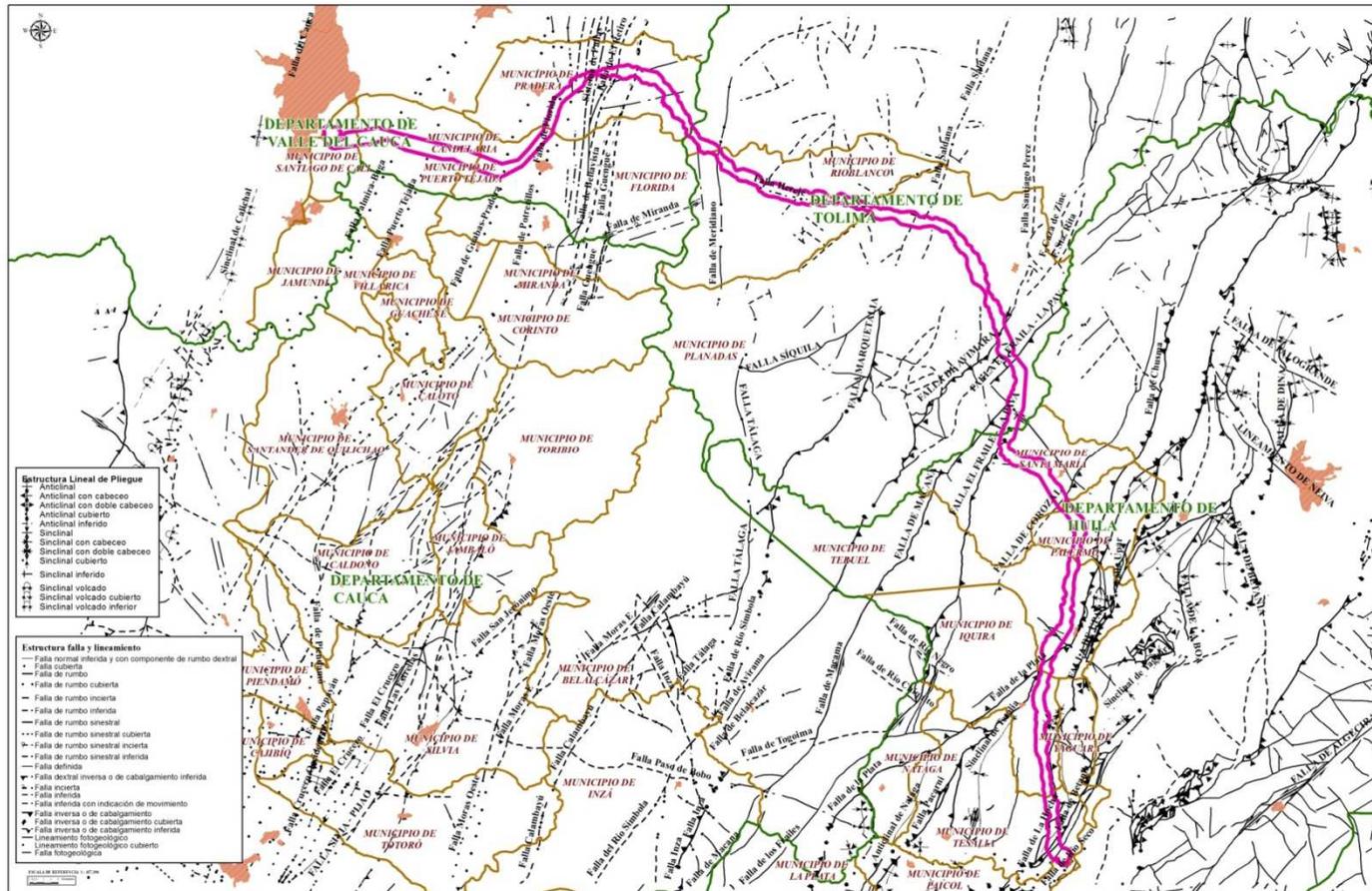
Fuente: INGEOMINAS, 2001. Mapa Geológico del Departamento del Huila

**Figura 27 Principales fallas geológicas al occidente de la zona de estudio**



Fuente: INGEOMINAS, 2002. Atlas Geológico Digital de Colombia, Plancha 5-13

Figura 28 Sistemas de fallas en el área de influencia del proyecto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Sismicidad histórica**

El área de influencia del Proyecto, se ha visto afectada por sismos de gran magnitud, originados principalmente por la actividad de los sistemas de fallas de las Cordilleras Central y Occidental.

Asociados a estos sistemas, los terremotos más fuertes de los que se tienen registros históricos y que han afectado la región en la que se desarrolla el corredor de la Línea de Transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV, se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5 Sismos más fuertes que han afectado el área de influencia del Proyecto**

Fecha	Nombre	Magnitud
1736	Popayán (Cauca)	-
1766	Buga (Valle)	-
1826	Popayán (Cauca)	-
1827	Timaná (Huila)	7.8
1885	Popayán (Cauca)	-
1925	Caucay Valle	6.8
1957	Caucay Valle	6.8
1967	Los Cauchos (Huila)	7.0
1979	Norte del Valle	6.7
1979	Tumaco (Nariño)	8.1
1983	Popayán (Cauca)	5.6
1994	Páez (Cauca)	6.8
1995	Valley Chocó	6.4
2004	Cali (Valle)	6.7

Fuente: Norma Sismo resistente NSR-10, 2010

La información muestra que la zona se ve expuesta a sismos de magnitudes apreciables, a menudo con epicentros cercanos al corredor para la línea de transmisión Tesalia – Alfárez 230 kV.

Con respecto a la actividad volcánica del Nevado del Huila, también se han presentado eventos recientes que si bien no han producido sismos de magnitud superior a 3.1, sí muestran que hay una reactivación del volcán, habida cuenta de los deshielos, avalanchas y emisiones de cenizas presentadas desde el año 2007.

- **Aceleraciones sísmicas esperadas**

De acuerdo con los aspectos tratados anteriormente, el corredor para la Línea de Transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV está expuesto a efectos sísmicos significativos en virtud de su cercanía a varias fuentes sísmicas importantes y a la marcada actividad de las mismas; en efecto, de acuerdo con la Figura 29, en la que se muestra el mapa de aceleraciones pico del terreno para una probabilidad de exceder

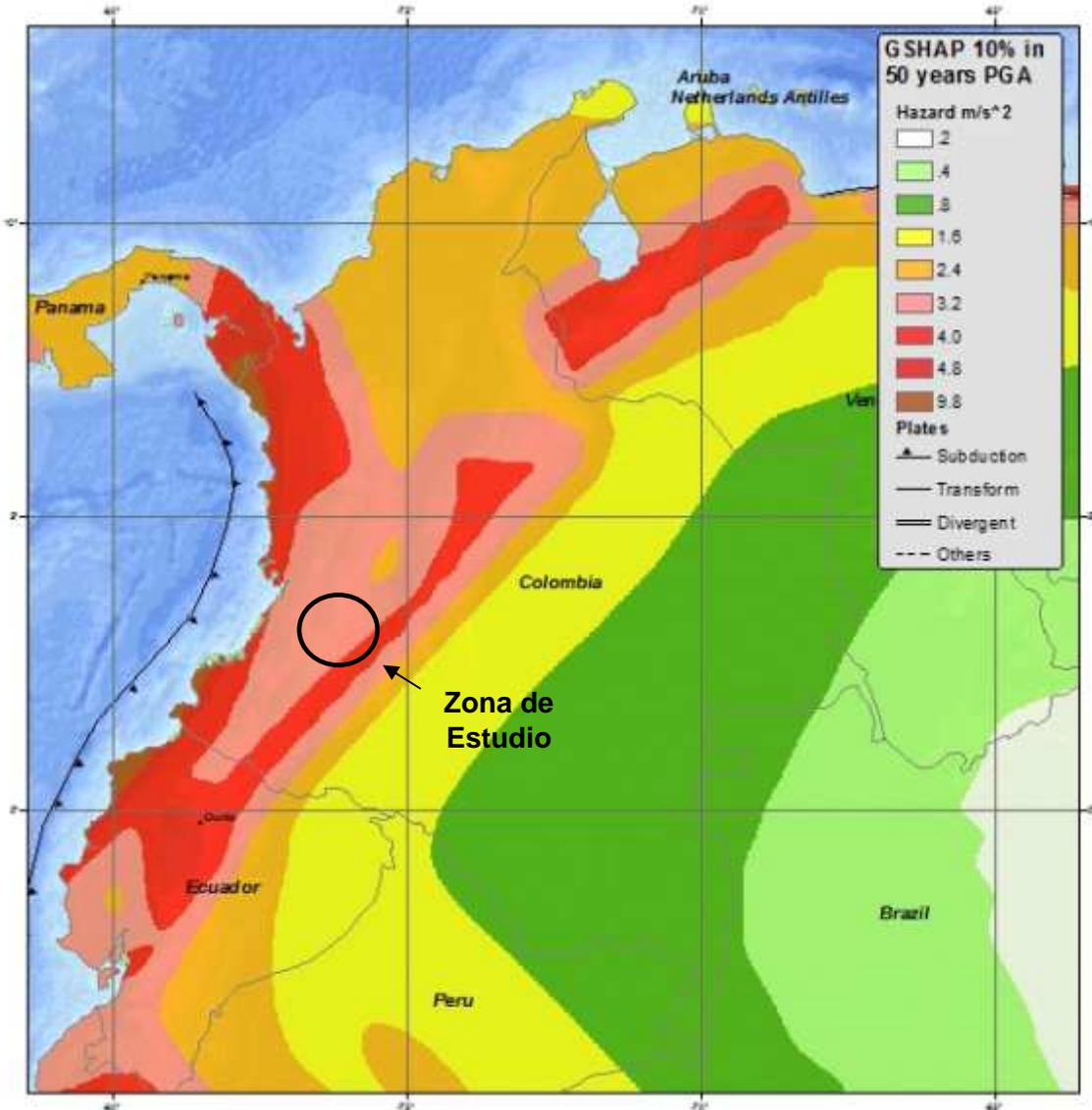
nciadel10%en50años(USGS,2011),éstaspuedenalcanzarvaloresdeentre4.0m/s<sup>2</sup>y4.8m/s<sup>2</sup>en el área de influencia del Proyecto, representandounaAmenazaSísmicaAlta.

Ademásdeesto, en la Figura 30 semuestra la profundidad de los movimientos sísmicos más importantes que se han presentado en Colombia entre 1900 y 2012, y la profundidad hipocentral de los mismos; tal como puede verse, los sismos de mayor magnitud que se han presentado no solo en el área de influencia del corredor de la Línea de Transmisión sino en el resto de la Zona Andina colombiana y en la Costa Pacífica son superficiales, con profundidades hipocentrales de hasta 69 km, lo cual explica en parte el valor de las aceleraciones esperadas.

Por otra parte, para efectos de diseño es posible consultar la Norma Sismorresistente NSR-10 de Colombia, en la que se encuentran los mapas de distribución de los coeficientes de aceleración  $A_{ay}A_v$ ; los mapas de distribución para los parámetros  $A_{ay}A_v$ , para Colombia se muestran en la Figura 31 y en la Figura 32

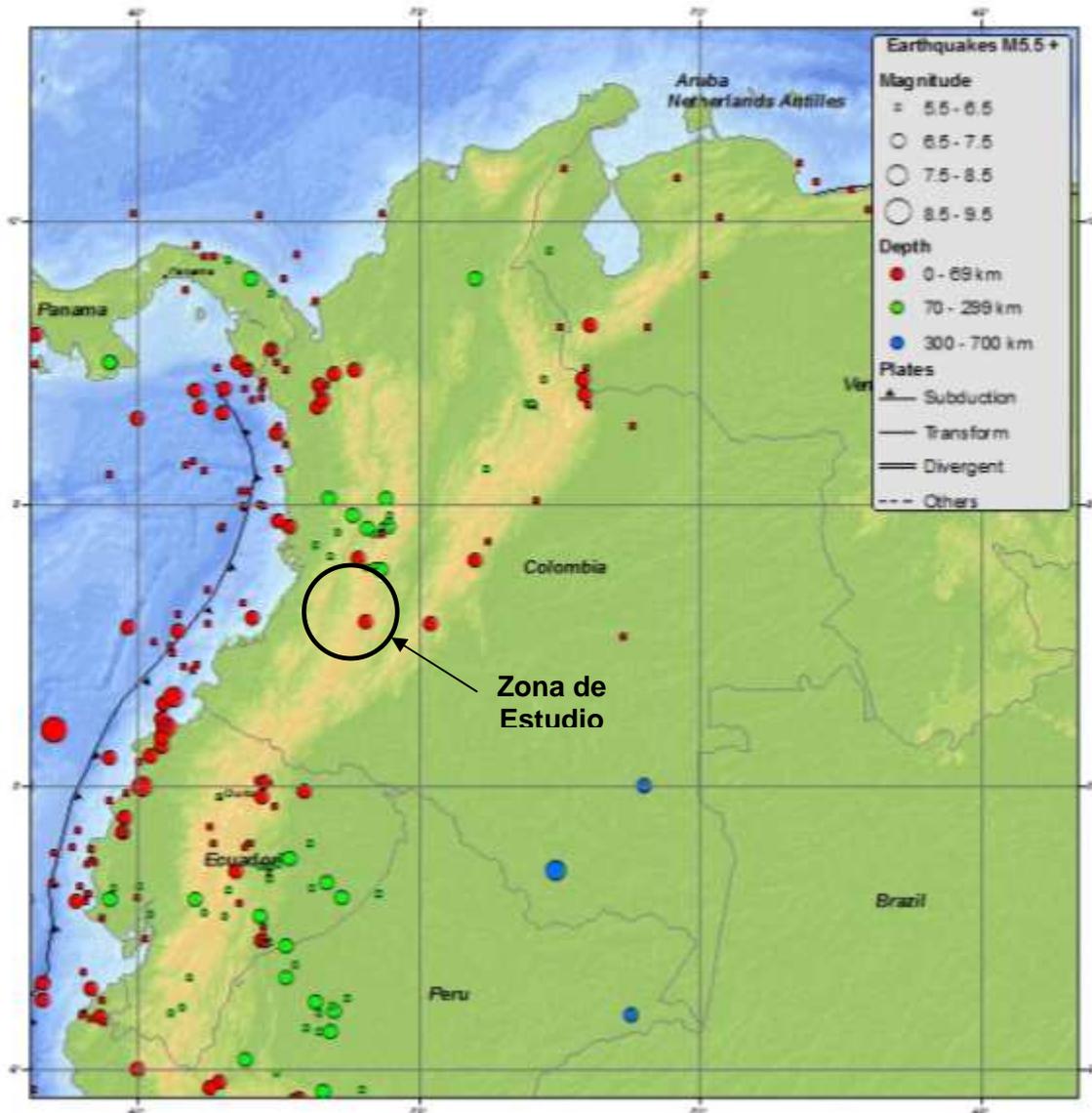
De acuerdo con la información anterior, la Línea de Transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV se encuentra en una zona de Amenaza Sísmica Alta, tal como puede deducirse de las áreas de aceleraciones pico presentadas en la Figura 29, del presente documento.

**Figura 29** Aceleraciones pico del terreno para una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años



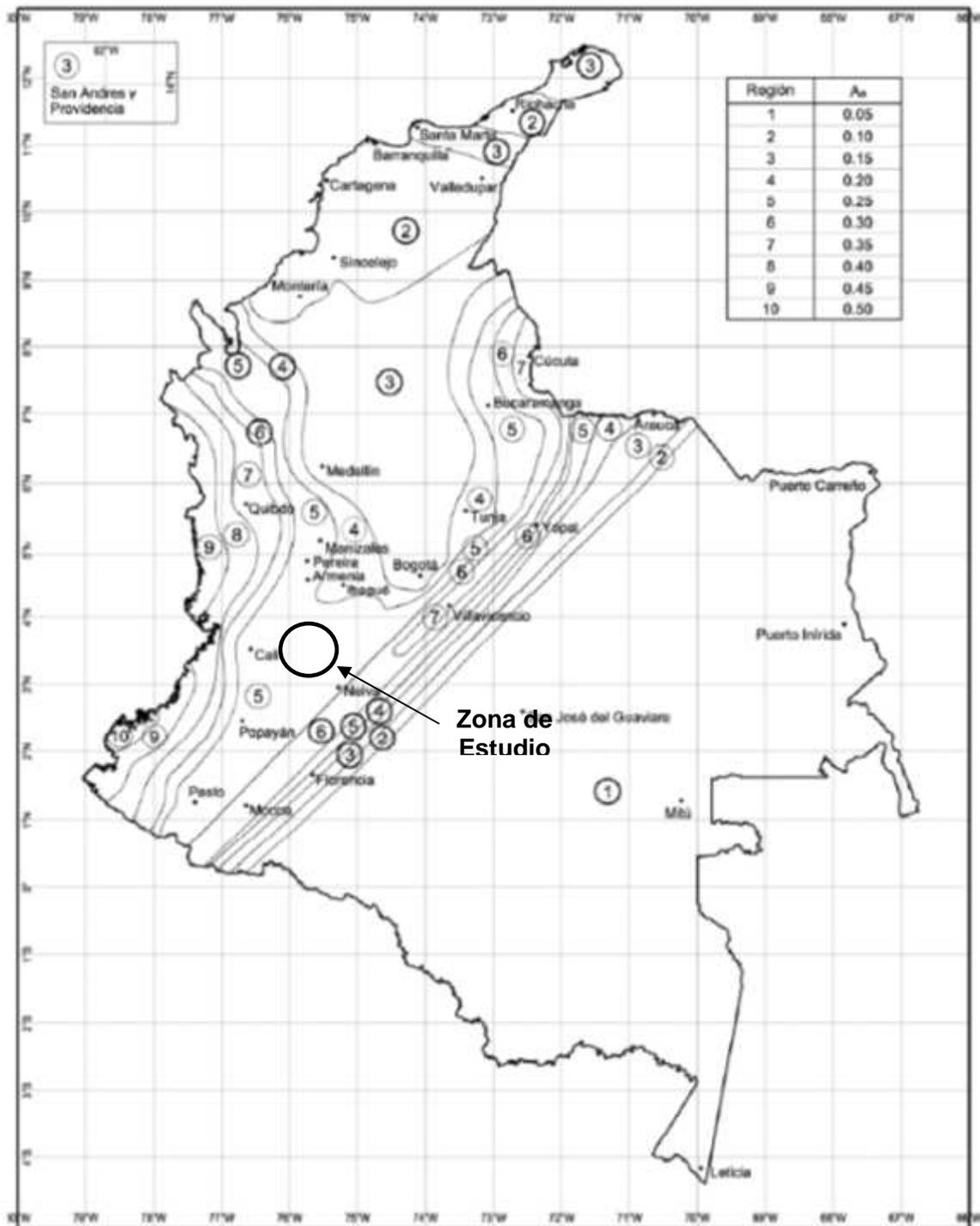
Fuente: USGS, 2.012

Figura 30 Sismos ocurridos en Colombia entre 1900 y 2012



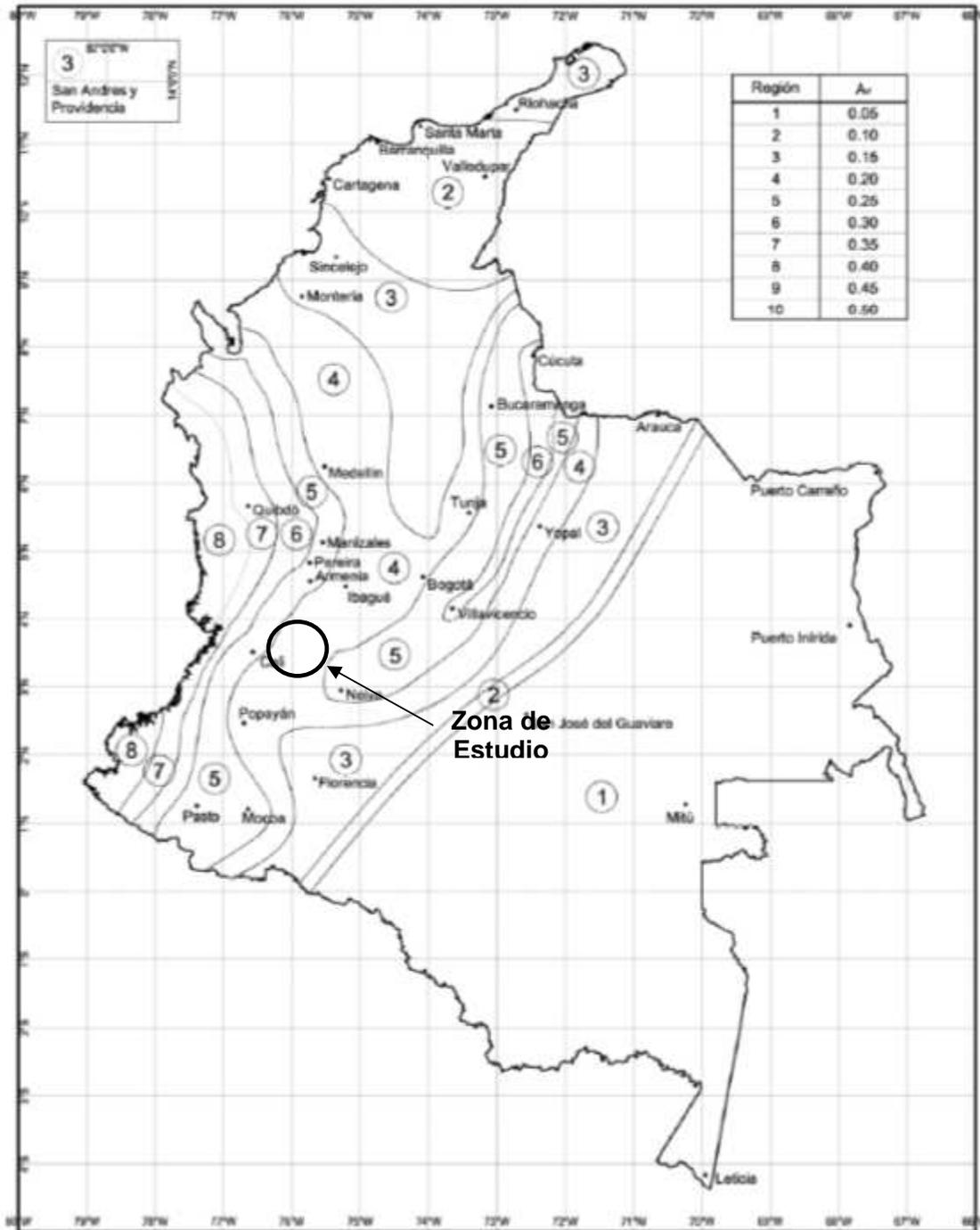
Fuente: USGS, 2.012

**Figura 31 MapadeValoresdeAaparaColombia**



Fuente: Norma Sismorresistente NSR-10, 2010

**Figura 32 MapadevaloresdeAvparaColombia**



Fuente: Norma Sismorresistente NSR-10, 2010

• **Amenazasísmicapormunicipio**

**La Tabla 6 muestra los grados de amenazasísmica establecidos con base en la Norma Sismo Resistente 2.010.**

**Tabla 6 Amenazasísmicas según los valores de Aa y Av, modificado de NSR-10**

Coeficiente Aceleración Pico Efectiva (Aa)	Amenaza sísmica (NSR-10)		Amenaza sísmica
0.45-0.50	Alta	5	Muy Alta
0.40-0.45			
0.35-0.40			
0.30-0.35	Intermedia	4	Alta
0.25-0.30			
0.20-0.25			
0.15-0.20	Baja	3	Moderada
0.10-0.15			
0.05-0.10			
0.00-0.05		1	Muy Baja

Fuente: Norma Sismo resistente NSR-10, 2010; complementado por Consultoría Colombiana S.A., 2014

De acuerdo con lo anterior los niveles de Amenaza Sísmica para cada uno de los municipios que son interceptados por el área de influencia del Proyecto, se detallan en la Tabla 7.

**Tabla 7 Niveles de amenazasísmicapormunicipio**

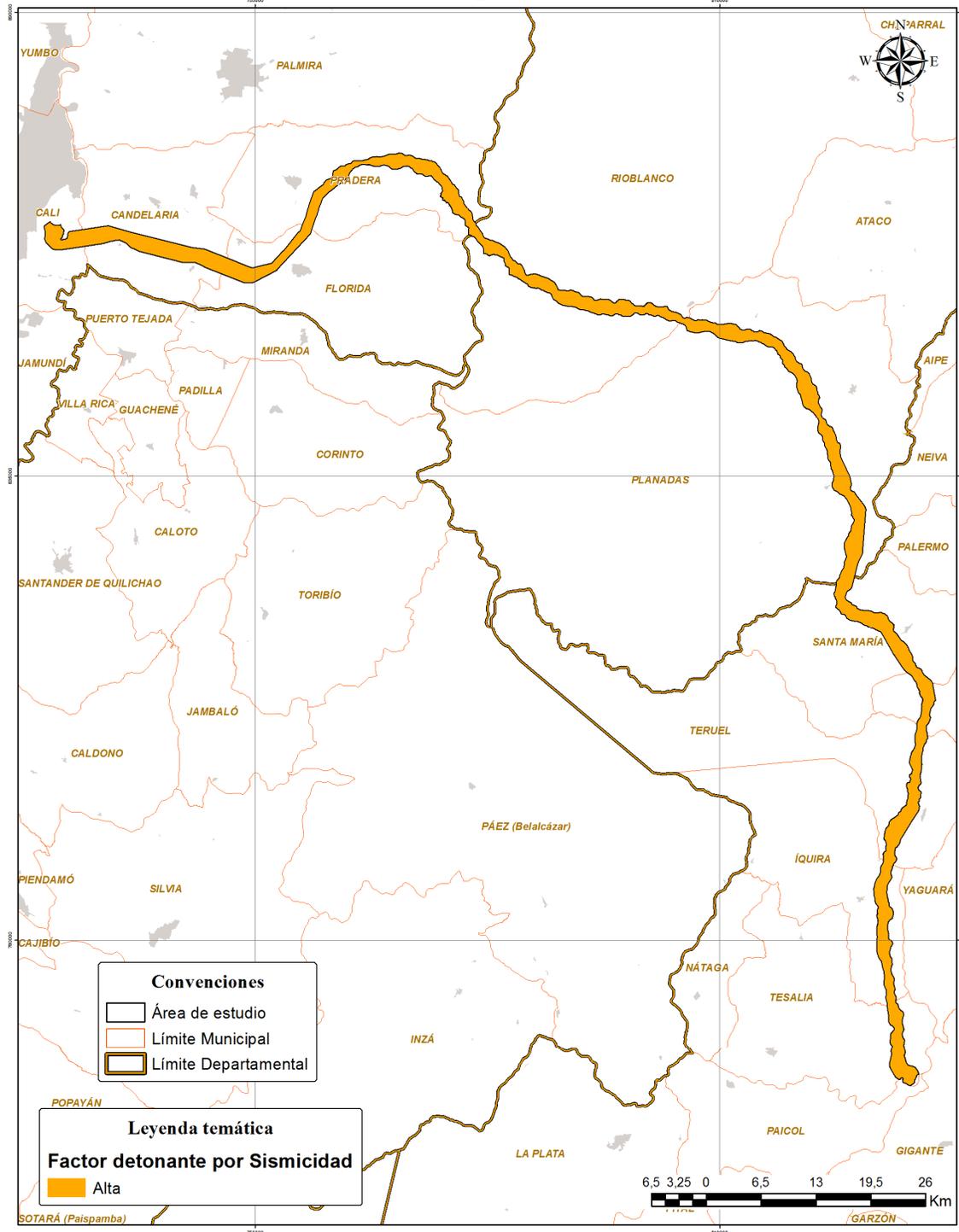
Departamento	Municipio	Nivel de Amenaza Sísmica	Aa	Av
Huila	Tesalia	Alta	0.25	0.20
Huila	Palermo	Alta	0.25	0.25
Huila	Santa María	Alta	0.25	0.20
Huila	Teruel	Alta	0.25	0.20
Huila	Iquira	Alta	0.25	0.20
Tolima	Planadas	Alta	0.25	0.20
Tolima	Rioblanco	Alta	0.25	0.20
Valle del Cauca	Pradera	Alta	0.25	0.20
Valle del Cauca	Florida	Alta	0.25	0.20
Valle del Cauca	Candelaria	Alta	0.25	0.20
Valle del Cauca	Cali	Alta	0.25	0.25

Fuente: Norma Sismo resistente NSR-10, 2010

En general, y debido a los procesos de deforestación y saturación de las laderas, se espera que la ocurrencia de sismos de magnitud apreciable de tóne fenómenos de remoción en masa como derrumbes, deslizamientos y avalanchas a lo largo de los cauces de ríos y quebradas, similares a los ocurridos luego del sismo de Páez de 1994; también pueden presentarse fenómenos de licuación de suelos granulares saturados en zonas bajas y planas como las existentes en las márgenes del río Cauca.

De acuerdo con la Figura 33 la Amenaza Sísmica para el área de influencia del Proyecto (coeficiente de aceleración Aa de 0.25g), es de alto grado; en la misma figura se pueden observar los municipios interceptados por el corredor de la línea de transmisión.

**Figura 33 Amenaza sísmica del corredor de la Línea de Transmisión Tesalia–Alfárez**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el caso de la ruta para la línea de transmisión Tesalia–Alfárez debe considerarse también la probabilidad de que se presente el fenómeno de amplificación por topografía de la señal sísmica en las coronas de los taludes naturales y en los picos y crestas montañosas de la región a través del proyecto, esto en consideración del perfil altimétrico de la ruta, que se muestra en la Figura 34.

**Figura 34** Perfil altimétrico del terreno a lo largo de la línea de transmisión Tesalia–Alfárez 230 kV



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El perfil altimétrico muestra un relieve montañoso a escarpado que alcanza los 4.100 msnm, con presencia de taludes muy inclinados y en muchos casos, filos y crestas estrechas cuya forma facilita la interacción compleja, en espacios confinados, entre ondas sísmicas, las cuales pueden sumar sus efectos para generar mayores aceleraciones y desplazamientos cuya magnitud final depende de la frecuencia y del ángulo de incidencia de las señales sobre cada sitio en particular.

El efecto de amplificación, además de imponer mayores aceleraciones sobre las estructuras que se construyan en las partes altas, puede detonar más fácilmente fenómenos de remoción en masa en roca altamente fracturada o en depósitos coluviales y fluvio-glaciares saturados colgados.

La ponderación de amenazas sísmicas de la Tabla 6 se utilizó para determinar el grado de amenaza por licuación, procesos de remoción en masa y avenidas torrenciales.

### 3.2.2.3 Amenaza por licuación

La zonificación por licuación se efectuó por medio de un método semi cuantitativo siguiendo los procedimientos de zonificación del sistema de evaluación numérica y su poniendo las temáticas relacionadas a dicha evaluación, descritos por Varnes (1984) y Van W

este en (1.998). También se tuvieron en cuenta los conceptos establecidos en Kramer (1.996)<sup>98</sup> y Díaz (2.005)<sup>99</sup>, en lo relacionado al generación de procesos de licuación.

- **Conceptos básicos**

La licuación corresponde a la pérdida total de resistencia del suelo como resultado de la aplicación de presiones de aguas subterráneas suficientemente altas que puedan inducir fuerzas de corte que superan la resistencia del material; este proceso afecta principalmente depósitos de suelos arenosos uniformes, de baja densidad y limos no plásticos saturados. Los procesos de licuación se presentan bajo condiciones de sismo. Bajo las condiciones mencionadas, los suelos pierden súbitamente su capacidad de soporte, haciendo que se produzcan grandes deformaciones en terrenos relativamente planos y desplazamientos del suelo en terrenos montañosos.

En geología los materiales susceptibles a este proceso corresponden a depósitos no consolidados (depósitos cuaternarios recientes), relacionados con la dinámica fluvial de las corrientes de agua. Como este proceso solo ocurre en suelos saturados, la licuación es comúnmente observada en ríos, bahías y otros cuerpos de agua (Kramer, 1.996). Se reconocen siete factores que influyen en el potencial de un suelo a licuarse (Díaz, op.cit.). Estos son:

**Distribución del tamaño de los granos.** La arena uniformemente gradada, con granos finos y gruesos (arena limpia), tiene mayor probabilidad de licuarse y es posible que se vuelva más densa. Las arenas limosas y gravas también son susceptibles a licuación, bajo cargas cíclicas muy severas.

**Densidad.** La licuación ocurre principalmente en suelos sueltos, saturados y no cohesivos, los cuales tienden a densificarse cuando están sujetos a cargas cíclicas. La tendencia a densificarse reduce el volumen de suelo y agua e incrementa la presión intersticial, si los poros intergranulares se llenan de agua. Cuando la presión intersticial es igual a la presión promedio total del suelo, éste pierde su resistencia y se licua. Si el suelo es denso, habrá menor posibilidad de que se produzca licuación.

**Peso y profundidad de los depósitos de suelo.** La presión entre partículas aumenta con la profundidad. Mientras mayor sea la presión de contacto entre las partículas, menor la probabilidad de que ocurra la licuación.

**Edad del depósito.** Los suelos sueltos y sin cohesión por lo general son geológicamente jóvenes. Con el tiempo, actuando factores para incrementar la resistencia de un suelo típico: la compactación (que cambia la relación de vacíos) y varios procesos químicos (que actúan para cementar los granos del suelo).

---

98 Kramer, Steven. Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall, New Jersey. 1996.

99 Díaz, Abraham. Dinámica de suelos. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México y Limusa-Noriega editores. México. 2005.

UnareglageneralesquelosdepósitosdelHolocenoTardío(edadmenorde3.000años),tiene nposibilidaddelicuarsesiempreycuandopresentencondicionessimilaresalasmencionada syesténbajocondicionessaturadas.

Origendelsuelo.Elsuelodepositadoporprocesosfluvialessesedimentalentamenteysusgranos apenasesstánencontactounosconotrosytienenpocaprobabilidaddecompactarse.Demane rasimilar,losrellenosartificialesinunadecuadoprocesodecompactación,generalmentepo rdebajodelniveldelagua,puedentenerdeficiencias similares.Estosmaterialesantevibracio nessísmicastiendentalicuarseseconfacilidad.

Profundidaddelaguarespectoalasuperficiedelterreno.Mientrasestémáscercanoelnivelfreáti cooalasuperficiedelterrenomayorserálaprobabilidaddequeenlosdepósitosdesuelos suscepti blesalicuación,ocurratalicuaación.

Amplitud,frecuenciayduracióndelavibracióndelterreno.Lacapacidaddelsuelopararesistiruna vibraciónprovocadaporunsismosincausarfallasdependedelaintensidaddelmovimientode lterreno,sufrecuenciayduración.Losmovimientosmásfuertestienenmayorprobabilidadde causarlafalladelterrenosusceptiblealicuación.

- **Evaluación dela amenaza por licuación**

Deacuerdoconlas característicasdelosmaterialessusceptiblesaestosprocesosylasformasdel terrenoenlasqueestossedisponen,paraelestudiodezonificaciósetuvieronencuentalossiguie ntesparámetrosintrínsecos:

### **Litología**

Losfactoresqueinfluyenenla licuación deun terreno,descritosenel numeral anterior,estánasociadosdirectamentealosdiferentestipos derocaqueloconforman;sinembargo,parasertenidosencuentacomovariablesdeevaluación nlazonificacióndeamenazapor licuación,esnecesariounniveldedetallequenocorrespondealalcancedel presente estudio.Portal motivo se utilizó comocriteriodeevaluaciónparalacalificacióndeamenazapor licuación,lavariab le“UnidadesLitológicas”,cuyosrangosde valoración seencuentranentre 1 y5, donde 1 corresponde a rocas de depósitos no consolidados, demuy poca a ningunasusceptibilidadpor licuación del terreno y 5 corresponde a terrenos de muy alta susceptibilidad a la licuación (Tabla 4).

Las unidades litológicas del Paleógeno al Precámbrico y los suelos residuales derivados de estas, por lo que fueron calificadas con susceptibilidad 1; la Tabla 8 presenta la valoración de susceptibilidad por licuación de las unidades litológicas que conforman el área de influencia del Proyecto.

**Tabla 8 Valores de susceptibilidad por licuación según características litológicas**

Era	Período	Símbolo	Nombre	Ponderación
CENOZOICO	CUATERNARIO	Qal1	Depósitos aluviales	5
		Qal	Depósitos aluviales	5
		Qt	Depósitos de terrazas aluviales	5
		Qc	Depósitos coluviales	2
		Qca/Qaa	Conosaluviales/Abanicos aluviales	2
		Qtp	Terrazas pumíticas	2
		Qfg	Depósitos glaciares y fluvioglaciares	2
		Qcag	Cono aluvial de Gaitania	2
	NEOGENO	Qjer	Depósito de Jerusalén	2
		Tad	Rocas Hipoabisales	2
		Ngh	Grupo Honda	1
		PgNgd	Formación Doima	1
		Pgpo	Formación Potrerillo	1
	PALÓGENO	Pgt	Formación Tesalia	1
		Pgb	Formación Baché	1
		Pgp	Formación Palermo	1
		KPgs	Formación Seca	1
Ko-Kt		Grupo Olini-Formación La Tabla	1	
Kh-Kl		Formación Hondita-Formación Loma Gorda	1	
MEZOSOICO	CRETÁCEO	Krsqb	Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco	1
		Kc	Formación Caballos	1
		Ki	Rocas intrusivas	1
		Kiba	Complejo Barroso-Amalme	1
		Ji	Batolito del bagué	1
		PTRcd	Batolito de Santa Bárbara	1
	JURÁSICO	Js	Formación Saldaña	1
		Trp	Formación Payandé	1
		Pzb	Grupo Bugalagrande	1
		PZmc	Complejo Cajamarca	1
EOZÓICO	Pzba	Complejo Bolo Azul	1	
	PEa	Complejo Aleluya	1	
	PCAi	Complejo Icarcá	1	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Geomorfología

Las formas del terreno como planicies de inundación, abanicos aluviales y terrazas, compuestas por materiales susceptibles a este tipo de fenómenos, son las de mayor susceptibilidad a la licuación, que en el área de influencia del Proyecto, corresponden a las unidades geomorfológicas relacionadas en la Tabla 9.

Para la evaluación de la influencia de la geomorfología en la licuación de un terreno, se evaluaron las unidades geomorfológicas con base en los rangos entre 1 y 5, donde 1 corresponde a unidades geomorfológicas de muy baja a ninguna susceptibilidad a la licuación y 5 corresponde a terrenos de muy alta susceptibilidad a la licuación, tal como lo establece la Tabla 7.

Otro aspecto a tener en cuenta es la presencia de agua en estos depósitos. Como se dijo antes, es muy posible que los materiales arenosos sean licuables en los alrededores de cuerpos de agua como

ríos y quebradas, ya que el nivel freático se localiza cerca en la superficie del terreno, en la base de la ladera y en las zonas llanas; sin embargo, debido a la escala de trabajo, la altura del nivel freático se consideró para el ajuste final de los resultados, pero no como variable de análisis.

**Tabla 9 Valores de susceptibilidad a licuación por características geomorfológicas**

Símbolo	Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Calificación
LS12-62d	Lomas(L)	Lomas y colinas(12)	Ladera(62)	1
LS20-62d		Cono de deyección(20)	Ladera(62)	2
LS21-89d		Terraza depositacional(21)	Plan de terraza(89)	2
MS1-62f	Montañas(M)	Anticlinal(1)	Ladera(62)	1
MS7-110d,e,f		Barras Homoclinales(7)	Ladera de buzamiento(110)	1
MS7-111e,f			Ladera erosional(111)	1
MS34-62e,f		Filas, vigas, crestas ramificadas(34)	Ladera(62)	1
MS14-110d		Colinas(14)	Ladera de buzamiento(110)	1
MS14-62e			Ladera(62)	1
MS35-110d		Lomas(35)	Ladera de buzamiento(110)	1
MS36-62d,e		Lomas y colinas(36)	Ladera(62)	1
MS15-62d,e,f,g		Coluvio(15)	Ladera(62)	2
MS44-62d		Vallecito coluvioaluvial(44)	Ladera(62)	3
MN34-62d,e,f,g		Filas, vigas, crestas ramificadas(34)	Ladera(62)	1
MH45-103d,e		Vega(45)	Vega(103)	4
MH41-89e,f		Terraza aluvial(41)	Plan de terraza(89)	2
MH17-62c,e,f,g		Cono aluvial(17)	Ladera(62)	3
MH28-62e		Cono de deyección(28)	Ladera(62)	3
MN5-63e,f,g		Cumbre de artesas, cumbres andinas(5)	Ladera de circo y artesa(63)	1
MN15-62e		Coluvio(15)	Ladera(62)	3
MN44-62e	Vallecito coluvioaluvial(44)	Ladera(62)	3	
MN44-103d,e		Vega(103)	4	
PA44-103a,b,d	Piedemonte(P)	Vega(44)	Vega(103)	4

Símbolo	Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Calificación
PA2-62b,d,e		Abanicoaluvial(2)	Ladera(62)	3
PA2-37a,b,c			Cuerpo,partemedio(37)	3
PA5-62b		Abanicoaluvialreciente(5)	Ladera(62)	4
PX28-62d		Conodede yección(28)	Ladera(62)	3
VA28-103c,d	Valle(V)	Vega(28)	Vega(103)	5
VA28-105a,c,d			Vegabaja,playones,islotes(105)	5
VA8-89d		Terrazaagrada(8)	Planodeterraza(89)	2
VA4-104a		Planode inundación(4)	Vegaalta,sobrevega(104)	3
VA4-67a			Meandro(67)	5
PA2-62b,d,e	Piedemonte(P)	Abanicoaluvial(2)	Ladera(62)	3
Ríos				NA

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Como se indicó en el numeral 3.2.2.2, la Amenaza Sísmica en el área de influencia del Proyecto es Alta; es decir, los depósitos que pueden ser vulnerables a licuación, están expuestos a este fenómeno, y los movimientos esperados son significativos.

#### • Categorización de la amenaza por licuación

De acuerdo con Varnes (1.984) se estableció un sistema de evaluación numérica en el que se integran información litológica, geomorfológica, hídrica, hidrogeológica y sísmica en el SIG, para definir la zonificación espacial del grado de amenaza por licuación. Con base en lo estipulado en Kramer (1.996), y teniendo en cuenta las variables geoambientales mencionadas, así como la Guía Metodológica definida por INGEOMINAS et al. (op.cit.), para otras amenazas naturales, la evaluación de la amenaza por licuación se definió así:

$$AL = (SL + SG + IN + HDG) * (fs)$$

Donde:

- AL= Amenaza por Licuación.
- SL= Susceptibilidad por litología (tipo de materiales).
- SG= Susceptibilidad por geomorfología (depósitos aluviales – presencia del nivel freático). Susceptibilidad a la inundación (su evaluación depende de la aplicabilidad en el área de estudio).
- SIN= Susceptibilidad por hidrogeología (debido a la escala de trabajo, no se utiliza esta variable de análisis).
- SIHDR
- fs= Factor sísmico (amenaza sísmica).

Con la ponderación de estos parámetros, en la Tabla 10 se presentan los intervalos para la categorización y el grado de amenaza por licuación.

**Tabla 10 Intervalos y categorías de la amenaza por licuación**

Criterios de valoración	Ponderación
Muy baja	1
Baja	2
Moderada	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Cada categoría de Amenaza tiene las siguientes características:

**Amenaza Muy Baja.** Zonas en las que no ocurren este tipo de fenómenos (no se encuentra el nivel freático). Corresponde a zonas conformadas por depósitos cuaternarios como terrazas, depósitos de materiales con compactación media a densa, con tamaños de partículas desde arcilla, arena y gravas hasta decantos y bloques, suelos residuales y transportados, constituidos en buena parte por materiales limosos y arcillosos y afloramientos rocosos.

**Amenaza Baja.** Gravas, arenas de densidad media a alta y limos no plásticos de consistencia media; procesos de licuación muy puntuales (es posible encontrar el nivel freático cerca o bajo el nivel de fundación y con efectos mínimos sobre la infraestructura).

**Amenaza Moderada.** Arenas de densidad media a baja y limos no plásticos de consistencia media a blanda, en estados saturados con posibilidad de estarlo.

**Amenaza Alta.** Arenas limpias de gran medio fino, relativamente sueltas y limos de baja plasticidad o no plásticos de consistencia blanda, presentes en zonas inundables y permanentemente en estado saturado; se destacan depósitos aluviales no consolidados, terrazas bajas y conosa luviales.

De acuerdo con lo anterior, en el área de influencia del Proyecto, las zonas más propensas a ser afectadas por licuación son las partes bajas de los cauces de los ríos y los depósitos cuaternarios en condición de saturación; sin embargo, debe tenerse en cuenta, que al menos en la mayor parte de estos suelos, no se han presentado fenómenos previos de licuación causados por sismos, especialmente los que han tenido su epicentro cerca, como el de Páez (1.994), lo cual puede atribuirse al grado de consolidación y a la granulometría de los depósitos, formado por bloques gruesos, embebidos en matrices arenolimosas con grados de compactación medios y altos.

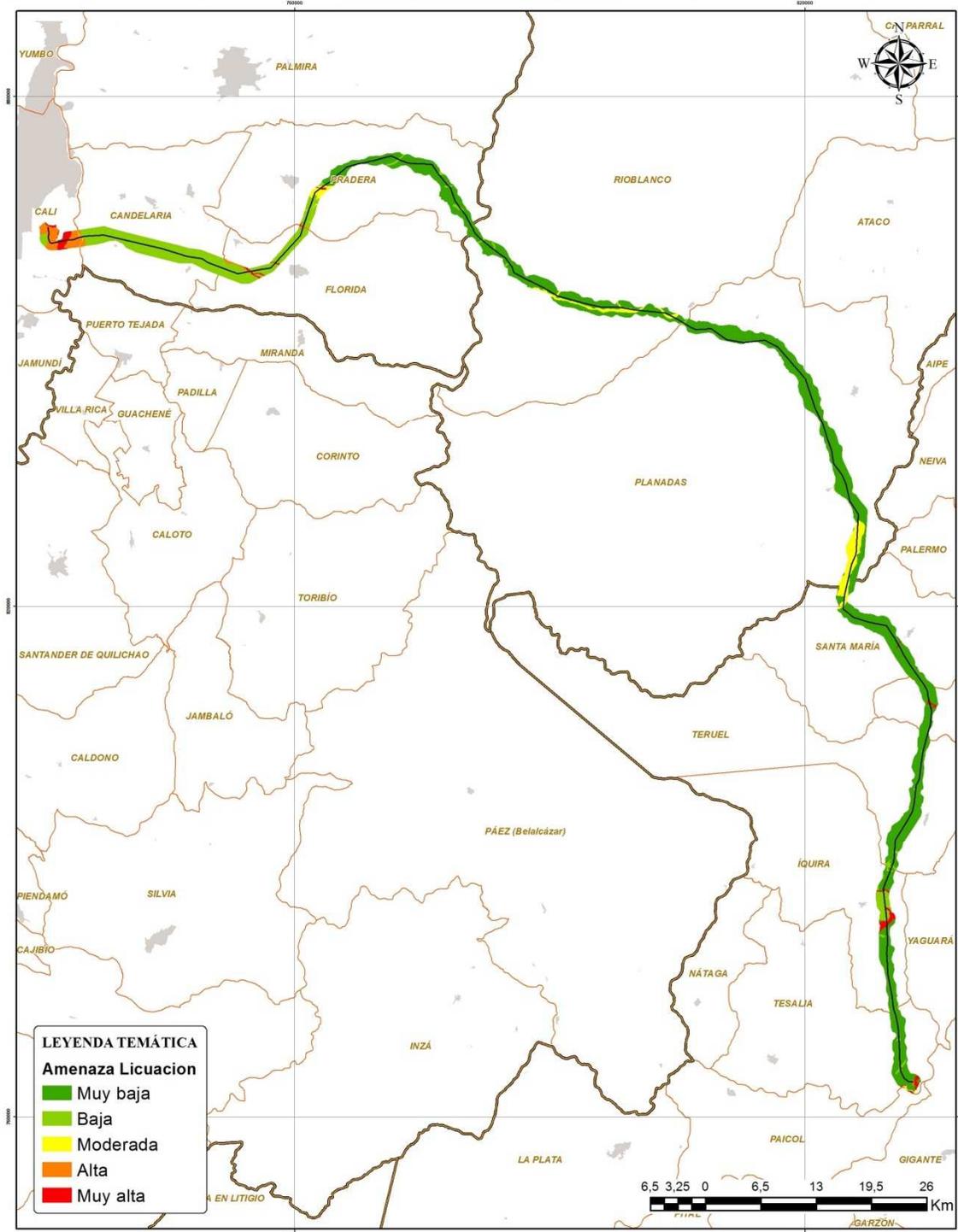
En todo caso también debe considerarse que los depósitos cuaternarios son heterogéneos, lo cual implica que en algunas zonas pueden tenerse bajas densidades y mayor susceptibilidad a la licuación, aunque de forma muy localizada.

---

En la Figura 35 se presenta la amenaza por  
en el área de influencia del Proyecto (AIDyAI).

licuación

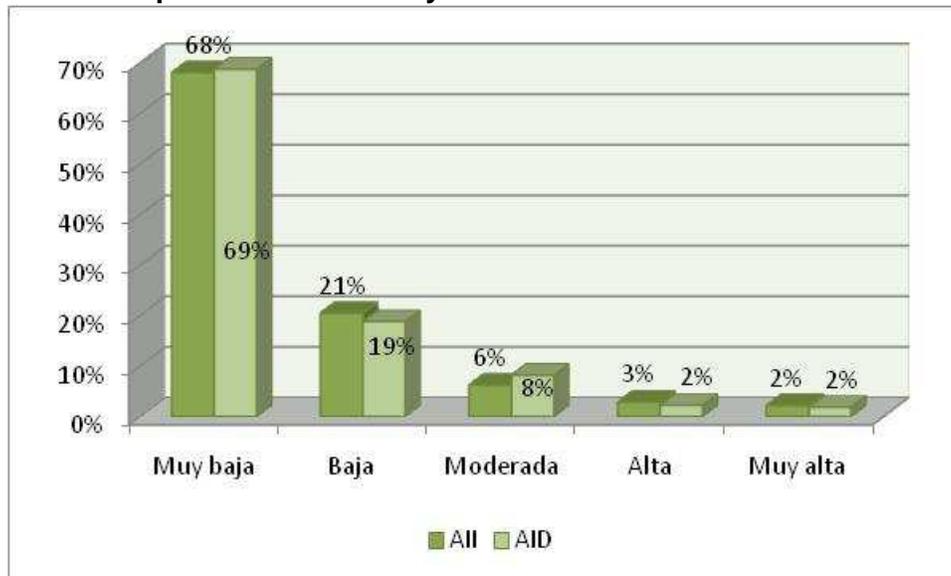
**Figura 35 Amenaza por licuación en el área de influencia del Proyecto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Al aplicar la metodología descrita, la Figura 36 muestra que el 89% (26.812 ha) del AII y 88% (636 ha) del AID se ubican en terrenos con amenaza Muy Baja y Baja por licuación; en menor proporción el 6% (1.898 ha) del AII y 8% (60 ha) del AID, es de amenaza moderada. Solamente un 5% (1.550 ha) del AII y 4% (30 ha) del AID, se clasificaron en amenaza Alta y Muy Alta por licuación.

**Figura 36 Amenaza por licuación en AII y AID**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.2.4 Amenaza por avenidas torrenciales

La zonificación por avenidas torrenciales se efectuó por medio de un método semi-cuantitativo, siguiendo los procedimientos de zonificación mediante un sistema de evaluación numérica superponiendo las temáticas relacionadas a dicha evaluación, como es la morfometría de las cuencas involucradas, la precipitación y la respuesta hidrológica a eventos decrecientes.

El sistema torrencial consiste de tres partes, una que produce, otra que traslada, y la tercera que recibe los detritos. Dichos sistemas están íntimamente relacionados no solo con la producción de flujos de detritos, sino con las zonas de comienzo y transporte de avalanchas de suelo y roca en picos nevados de las cordilleras así como zonas propensas a procesos de remoción en masa y adyacentes a corrientes de agua. La comprensión de esta unidad natural es fundamental para la evaluación de riesgos de montaña.

- **Evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales**

La evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales se llevó a cabo solamente dentro del sistema torrencial, distinguiendo los cursos de aguas principales, secundarios y menores, en los que eventualmente pueden desencadenarse este tipo de procesos o en los que ya ha sucedido, de cartografía a escala 1:25.000.

El cálculo del grado de amenaza se hizo de manera semi cuantitativa, por medio de la definición de variables geoambientales relacionadas con el tipo de amenaza, y la ponderación por pesos relativos de cada una de las variables siguiendo procedimientos de zonificación por medio de sistemas de evaluación numérica y superponiendo las temáticas relacionadas en dicha evaluación.

- **Selección y codificación de torrentes**

Se seleccionaron aquellos torrentes que presentan un orden de cauces según Horton mayor a 1, y se identificaron mediante una codificación establecida por el IDEAM, como se expone en la Caracterización de Línea Base, en la sección de Hidrología del presente documento.

Los criterios utilizados para la selección de los parámetros, corresponden a planteamientos prácticos preestablecidos, de fácil observación en campo y con alto grado de representatividad en cuanto a indicadores de potencialidad torrencial se refiere. Los parámetros intrínsecos relacionados con la susceptibilidad del terreno y las corrientes de agua a este tipo de eventos considerados en esta análisis son los siguientes:

### **Precipitación**

Es un factor de gran importancia para determinar la potencialidad torrencial que presentan los cursos de agua y las cuencas afeerentes, ya que constituye un agente activador de fenómenos torrenciales.

El caudal de las crecientes, y su capacidad erosiva, es incrementado por el caudal sólido de los materiales que arrastran, producto de la erosión superficial, del lavado de los deslizamientos someros y de la erosión de orillas en un proceso que da lugar a las avenidas torrenciales. En esta parte se presentan los análisis del régimen de las aguas superficiales en la ladera de alta pendiente y el papel que puede desempeñar la lluvia en los procesos torrenciales, apoyados en los conceptos básicos de la morfometría, hidrología y en la información disponible sobre precipitaciones, que permita ofrecer una explicación razonable sobre el mecanismo de generación de eventos torrenciales en la cuenca de la zona de estudio.

Puesto que la metodología está orientada a la identificación y zonificación de áreas potencialmente torrenciales y no al diseño de obras de control de crecidas o establecimiento de medidas preventivas, resultó pertinente evaluar este parámetro a través de la generación de un mapa de isoyetas anuales, considerando las estaciones de influencia en el área, con un registro histórico hasta de 35 años; de esta manera se obtuvo la distribución de la precipitación en el área de la cuenca (Tabla 11). Las precipitaciones altas aumentan la carga y competencia de los cursos de agua en el arrastre de los materiales presentes en sus cauces.

**Tabla 11 Precipitación total anual en las cuencas del área de influencia del Proyecto**

ID Cuenca	Nombre	Precipitación Total Anual de la cuenca (mm)		
		Mínima	Máxima	Valor medio
1	Río Desbaratado	1.547	1.139	1.391
2	Quebrada de Jacobo	1.772	1.695	1.735
3	Quebrada El Chorro	1.841	1.785	1.811
4	Quebrada Chucha	1.792	1.745	1.774

5	QuebradaLaChorrera	1.867	1.809	1.839
6	QuebradaElGuamal_1	1.919	1.864	1.897
7	QuebradaParedes	1.944	1.827	1.889
8	QuebradaElGuamal	1.894	1.851	1.875
9	QuebradaLaCañada	2.161	2.077	2.130
10	QuebradaBeberrecio	2.158	2.102	2.145
11	QuebradaLaVaras	2.149	2.098	2.129
12	QuebradaLosBollos	2.137	2.088	2.117
13	RíoMaría	2.147	1.951	2.081
14	QuebradaPedernal	2.101	1.856	1.980
15	QuebradaElIguál	2.033	1.915	1.971
16	QuebradaSanJuan	1.978	1.798	1.873
17	QuebradaElNilo	1.872	1.662	1.768
18	QuebradaElOso	1.773	1.530	1.636
19	QuebradaCorozal	1.699	1.593	1.642
20	RíoBache	1.981	1.508	1.716
21	RíoClaro	1.928	1.584	1.698
22	RíoAta	1.994	1.491	1.647
23	QuebradaSanJoaquin	2.008	1.870	1.940
24	QuebradaSanGabriel	2.084	1.706	1.870
25	RíoSiquila	2.037	1.612	1.782
26	QuebradaMontalvo	2.149	1.886	2.019
27	RíoSaldaña	1.706	1.434	1.517
28	QuebradaPatagonia	1.757	1.666	1.709
29	RíoHereje	1.649	1.429	1.480
30	QuebradaLasArrugas	1.442	1.428	1.432
31	QuebradaSanPablo	2.184	2.043	2.109
32	RíoIquira	2.162	1.927	2.097
33	RíoPáez	2.116	1.252	1.776
34	RíoYaguará	2.130	1.634	1.938
35	RíoFraile	1.539	925	1.324
36	RíoFraileyDirectosRíoCauca	1.736	955	1.092
37	QuebradaElAchiote	1.717	1.586	1.643

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Se asignaron diferentes categorías de evaluación a los rangos de precipitación media anual, las unidades de estabilidad relativa, esto permitió homogenizar los diversos parámetros para posteriormente analizarlos; cada categoría está compuesta por un dígito numérico que va del 1 al 5, donde 1 corresponde a la condición más favorable y 5 a la condición más desfavorable (Tabla 12).

5

**Tabla 12 Categorías de evaluación para la precipitación total anual en las cuencas de la zona de estudio**

Rango de Precipitación (mm)	Categoría	Valor de reclasificación
<1.200	Muy Baja	1
1.200–1.400	Baja	2
1.400–1.600	Moderada	3
1.600–2.000	Alta	4
>2.000	Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

## Densidad de drenaje

Es un factor de gran importancia para determinar la potencialidad torrencial que presentan los cursos de agua y las cuencas afeferentes, ya que constituye un agente activador de fenómenos torrenciales.

El caudal de las crecientes, y su capacidad erosiva, es incrementado por el caudal sólido de los materiales que arrastran, producto de la erosión superficial, del lavado de los deslizamientos someros y de la erosión de orillas en un proceso que da lugar a las avenidas torrenciales. En esta parte se presentan los análisis del régimen de las aguas superficiales en las laderas de alta pendiente y el papel que puede desempeñar la lluvia en los procesos torrenciales, apoyados en los conceptos básicos de la morfometría, hidrología y en la información disponible sobre precipitaciones, que permita ofrecer una explicación razonable sobre el mecanismo de generación de eventos torrenciales en las cuencas de la zona de estudio.

Puesto que la metodología está orientada a la identificación y zonificación de áreas potencialmente torrenciales y no al diseño de obras de control de crecidas o establecimiento de medidas preventivas, resulta pertinente evaluar este parámetro a través de la generación de un mapa de isoyetas anuales, considerando las estaciones de influencia en el área, con un registro histórico hasta de 35 años; de esta manera se obtuvo la distribución de la precipitación en el área de la cuenca (Tabla 11). Las precipitaciones altas aumentan la carga y competencia de los cursos de agua en el arrastre de los materiales presentes en sus cauces.

**Tabla 13 Precipitación total anual en las cuencas del área de influencia del Proyecto**

Cuenca	Precipitación Mínima (mm)	Precipitación Máxima (mm)	Precipitación Media (mm)
Río Desbaratado	1141	1549	1413
Río Baché	1507	1963	1696
Río Saldaña	1482	1707	1565
Río Ata	1540	2009	1676
Río Hereje	1475	1650	1522
Quebrada Patagonia	1666	1757	1711
Río Paez	1259	2106	1702
Quebrada La Cañada	2085	2158	2131
Quebrada El Igual	1897	2025	1953
Quebrada de Jacobo	1706	1778	1746
Quebrada El Chorro	1795	1846	1820
Quebrada Chucha	1756	1802	1783
Quebrada La Chorrera	1820	1875	1850
Quebrada El Guamal_1	1873	1927	1901
Quebrada Paredes	1838	1954	1899
Quebrada El Guamal	1861	1901	1881
Quebrada Los Bollos	2089	2137	2114
Quebrada Beberrecio	2108	2157	2142
Quebrada La Varas	2102	2148	2131
Quebrada San Juan	1780	1963	1859
Río María	1934	2144	2060
Quebrada Pederal	1836	2098	1976
Quebrada El Nilo	1636	1854	1748
Quebrada El Oso	1519	1750	1620

QuebradaCorozal	1576	1679	1626
QuebradaMontalvo	1885	2157	2017
RíoClaro	1583	1945	1719
QuebradaSanJoaquin	1871	2022	1948
QuebradaSanGabriel	1705	2096	1878
RíoSiquila	1638	2042	1784
RíoYaguará	1643	2124	1905
RíoFraile	924	1541	1310
QuebradaLasArrugas	1456	1478	1468
QuebradaSanPablo	2050	2193	2126
QuebradaElAchiote	1596	1728	1654
RíoIquirá	1906	2158	2056
RíoFraileyDirectosRíoCauca	951	1583	1242
RíoBolo	896	1465	1213
RíoBoloBlanco	1361	1431	1408
QuebradaMendoza	1454	1470	1461
QuebradaElSilencio	1428	1449	1438
QuebradaElCastillo	1443	1455	1449
RíoBoloAzul	1455	1471	1465
NN	1474	1495	1482
QuebradaElTriunfo	1473	1484	1478
QuebradaElBejuquero	1479	1490	1486
QuebradaLasMercedes	1513	1598	1555
QuebradaElQuebradón	1490	1528	1508
QuebradaElVenao	1488	1497	1492
QuebradaElPurgatorio	1474	1486	1480

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Se asignaron diferentes categorías de evaluación a los rangos de precipitación media anual, las unidades de estabilidad relativa, esto permitió homogenizar los diversos parámetros para posteriormente analizarlos; cada categoría está compuesta por un dígito numérico que va del 1 al 5, donde 1 corresponde a la condición más favorable y 5 a la condición más desfavorable (Tabla 12).

5

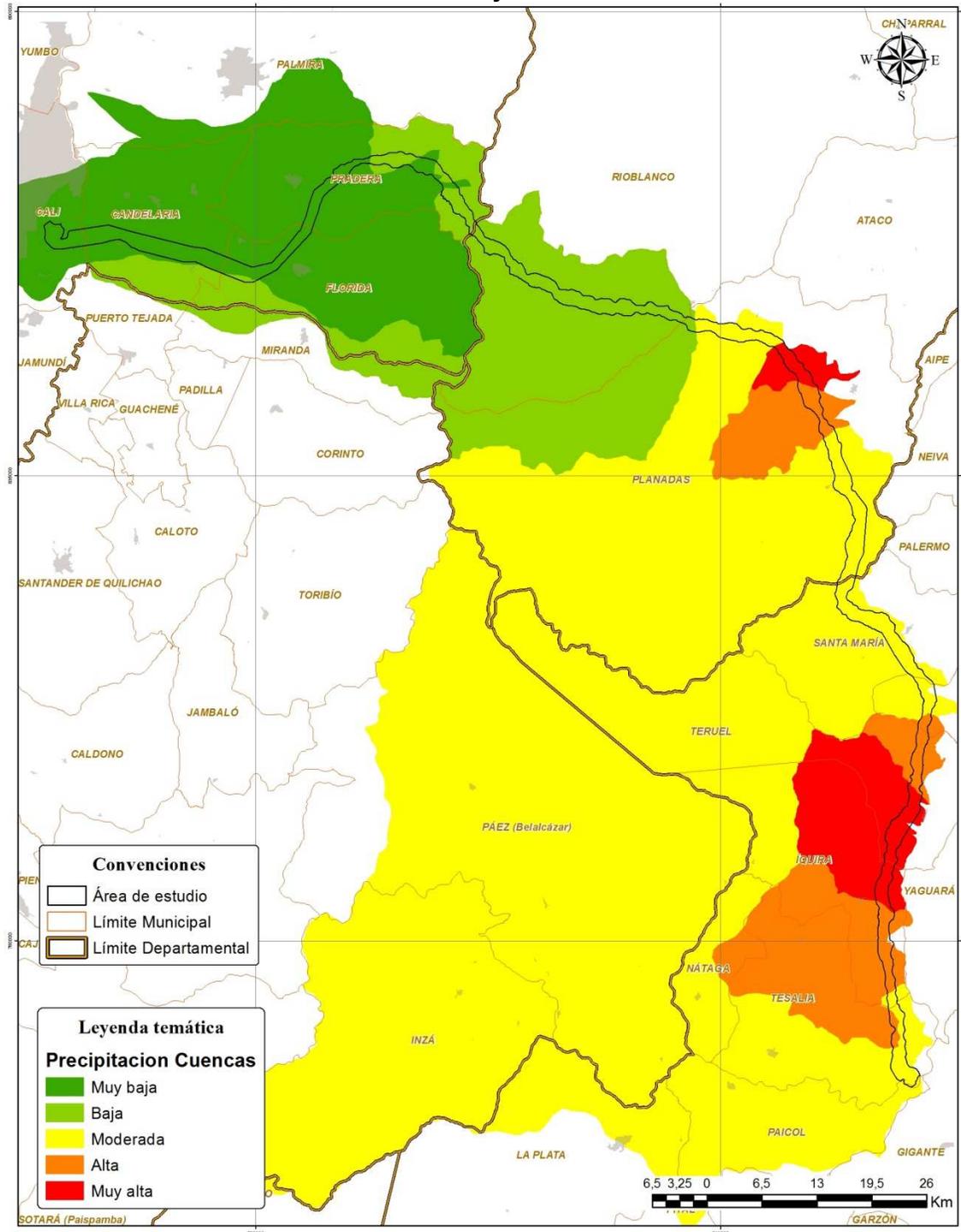
**Tabla 14** Categorías de evaluación para la precipitación total anual en las cuencas de la zona de estudio

Rango de Precipitación (mm)	Categoría	Valor de reclasificación
<750	Muy Baja	1
750-900	Baja	2
900-1100	Moderada	3
1100-1200	Moderadamente Alta	4
1200-1400	Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

El resultado de este análisis de reclasificación para el parámetro de la precipitación anual es como se muestra en la Figura 37.

**Figura37 Mapadecategorizacióndeprecipitacióntotalanualcomofactordetorrencialidaden lascuencasdelazonadeinfluenciadelProyecto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

## Red de drenajes

La densidad de drenaje fue definida por Horton (1.932) como la longitud de los canales (L) por unidad de área (A). Se reconoce que la densidad de drenaje es un valioso indicador de las relaciones entre clima, vegetación y la resistencia del substrato rocoso o edáfico a la erosión.

Este parámetro constituye un elemento indicativo de las causas o agentes que contribuyen al mantenimiento de la red hídrica. Para el asunto en consideración, es necesario tener en cuenta que durante el transcurso, o con posterioridad más o menos inmediata a los períodos de precipitaciones, es crucial para la superficie de la cuenca una cantidad de agua que al irse acumulando en los diferentes tributarios, termina por concentrarse en el colector, configurando así un sistema hidrológico.

Si la zona posee una cuenca bien desarrollada, la superficie medida de los terrenos a través de los cuales tiene lugar el escurrimiento, es reducida y el río alcanza los cursos con prontitud. También es de tener en cuenta, que la erosión retrocedente y, consecuentemente la profundización de los lechos fluviales, están controlados por los siguientes factores:

Características litológicas.

Características climáticas.

Magnitud de la pendiente.

Si se toma una unidad de área, la extensión de los cursos de agua es menor en una zona árida que en una húmeda. Por otra parte, la densidad de drenaje tiende a ser baja, cuando los materiales son muy permeables (arenas y gravas), debido a que la infiltración es alta quedando poca disponibilidad de agua, que pueda alimentar a los cauces en superficie. Esta situación se ve favorecida cuando se trata de una topografía llana, bajo clima árido. En regiones húmedas, con pendientes marcadas y rocas impermeables, la densidad de drenaje tiende a ser máxima.

En síntesis, clima húmedo tiende a densidades de drenaje más bajas que en regiones áridas de litologías comparables, como resultado de la protección de la cobertura vegetal. Por otra parte, áreas de bajo relieve y buena infiltración muestran generalmente una densidad de drenaje más baja que en zonas con mayores relieves o baja permeabilidad. Se puede admitir en consecuencia, que para una cuenca dada existe cierta armonía o concordancia entre el coeficiente de escurrimiento y la densidad de drenaje de la misma.

El resultado de la estimación de este parámetro morfométrico de las cuencas en las que se dividió la zona de influencia del Proyecto, se presenta en la Tabla 15.

**Tabla 15 Densidad de drenaje (Dd, km/km<sup>2</sup>) para las cuencas en el área de influencia de la Línea de Transmisión Tesalia – Alférez 230kV**

Red de drenaje principal	Subcuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud Total ríos (Km)	Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	So (m/m)	
Vertiente Cauca	Altomagdalena	Río Baché	200.52	194.3	1.10	0.0818
		Río Paez	3523.75	5145.9	1.54	0.0127
		Quebrada La Cañada	18.57	15.2	1.28	0.1472
		Quebrada El Igual	6.85	11.3	2.20	0.2439
		Quebrada de Jacobo	6.08	6.1	1.74	0.1633
		Quebrada El Chorro	4.35	3.4	1.56	0.2410
		Quebrada Chucha	3.55	6.1	2.91	0.1954

	QuebradaLaChorrera	2.43	3.0	2.50	0.2776
	QuebradaElGuamal_1	1.71	2.6	2.72	0.1658
	QuebradaParedes	7.30	7.3	1.48	0.2418
	QuebradaElGuamal	1.09	2.0	3.31	0.2019
	QuebradaLosBollos	3.30	3.0	1.65	0.3362
	QuebradaBeberrecio	9.12	6.9	1.40	0.2115
	QuebradaLaVaras	3.62	4.8	2.22	0.3178
	QuebradaSanJuan	10.92	12.6	1.49	0.4196
	RíoMaría	30.18	28.0	1.27	0.2243
	QuebradaPedernal	33.78	38.0	1.55	0.1608
	QuebradaElNilo	34.76	37.6	1.47	0.1629
	QuebradaElOso	24.00	33.0	1.71	0.1472
	QuebradaCorozal	9.74	10.9	1.69	0.2068
	RíoYaguará	293.41	423.7	1.63	0.0395
	QuebradaElAchiote	14.44	10.7	1.07	0.1640
	RíoIquirá	168.07	194.9	1.36	0.0770
Saldaña	RíoSaldaña	414.41	521.5	1.36	0.0646
	RíoAta	931.44	1123.3	1.28	0.0438
	RíoHereje	86.04	115.75	1.61	0.1188
	QuebradaPatagonia	7.95	12.5	2.19	0.2188
	QuebradaMontalvo	33.19	62.0	2.15	0.1633
	RíoClaro	67.18	64.5	1.28	0.0617
	QuebradaSanJoaquin	9.88	15.4	2.47	0.1390
	QuebradaSanGabriel	111.74	145.3	1.56	0.0794
	RíoSiquila	138.57	181.9	1.52	0.0669
	QuebradaLasArrugas	45.45	48.1	1.33	0.0967
	QuebradaSanPablo	7.14	12.5	2.62	0.1973
	NN	50.50	54.7	1.23	0.1577
	QuebradaElTriunfo	7.58	8.3	1.75	0.1958
	QuebradaElBejuquero	10.49	13.9	1.88	0.2184
	QuebradaLasMercedes	22.53	29.2	1.60	0.2625
	QuebradaElQuebradón	17.17	29.2	2.13	0.2635
	QuebradaElVenao	4.98	7.5	2.42	0.3234
	QuebradaElPurgatorio	7.36	8.0	1.79	0.1955
Cauca	RíoDesbaratado	210.85	198.6	1.21	0.0558
	RíoFraile	539.51	548.0	1.12	0.0558
	RíoFraileyDirectos	287.77	191.7	0.72	0.1482
	RíoBolo	286.46	308.8	1.26	0.0573
	RíoBoloBlanco	42.88	51.1	1.45	0.2308
	QuebradaMendoza	12.05	18.3	2.04	0.2446
	QuebradaElSilencio	16.96	19.3	1.56	0.2578
	QuebradaElCastillo	7.67	9.7	1.97	0.2963
	RíoBoloAzul	16.03	21.0	1.71	0.2451

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Se asignaron valores entre 1 y 5 a cada uno de los índices de Densidad de Drenaje (Dd) calculados para la morfometría de la cuenca (Tabla 15). Al integrar los índices, se generó un conjunto de posibles combinaciones a partir de las cuales se definieron cinco (5) clases morfométricas basadas en la posible respuesta de los torrentes ante un evento de precipitación, inicialmente por la influencia que tienen la densidad de drenaje en el comportamiento y en la respuesta de los cauces a generar escorrentías superficiales, seguidas por la pendiente y el coeficiente de forma de la cuenca. En síntesis, las clases morfométricas vienen definidas por la integración de la densidad de drenaje, las cuales generan características muy particulares que permiten evaluar la

spuestadelos torrentes, desde muy lenta hasta muy rápida y violenta, para generar crecidas torrenciales.

El resultado de esta operación permite clasificar cada punto del mapa dentro de cinco categorías que se describen en la Tabla 16.

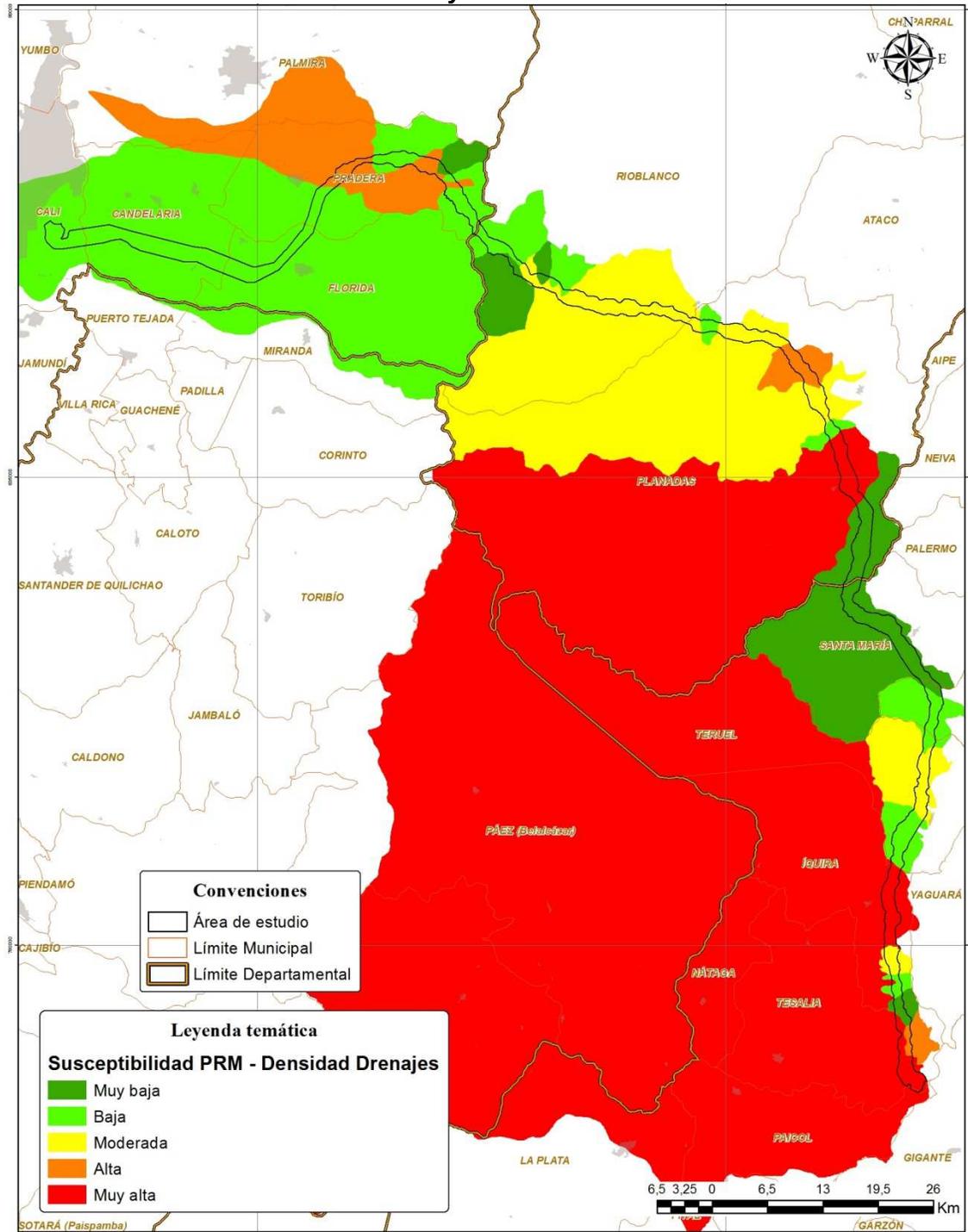
**Tabla 16 Categorías de evaluación para la Densidad de drenaje en las cuencas del área de influencia del Proyecto**

Rangos Densidad de drenajes (Km/Km <sup>2</sup> )	Valoración	Valoración
<1,25	1	Muy Baja
1,25–1,50	2	Baja
1,50–2,0	3	Moderada
2,0–2,25	4	Alta
>2,25	5	Muy Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

El resultado de este análisis de reclasificación para el parámetro de Densidad de drenaje (km/km<sup>2</sup>) es como se muestra en la Figura 38

**Figura 38 Mapa de categorización de la Densidad de drenaje como factor de torrencialidad de las cuencas del área de influencia del Proyecto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

### ***Tiempo de Concentración, T<sub>c</sub>***

El tiempo de concentración no es más que el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la longitud desde el punto más distante de la corriente de agua de una cuenca hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: pendientes, longitudes, elevaciones medias y área de la cuenca. Es de notar que todas las fórmulas tienen factores de corrección que aplican según la cobertura de la cuenca (German Monsalve, 1999: p. 180).

Según Verstappen (1.983) es uno de los parámetros más importantes para determinar el caudal pico, y es indicativo del grado de erodabilidad del suelo y rocas, porcentaje de erosión y de las condiciones climáticas imperantes en la cuenca. Es un factor que depende de las características físicas de las rocas, capacidad de infiltración, cobertura vegetal, topografía y ciclos de erosión-depositación. Si se relaciona con la morfometría de la cuenca, elevados valores de densidad de drenaje, indican el predominio de escurrimientos sobre la infiltración, bajo almacenamiento superficial y subterráneo, rocas sedimentarias de texturas finas de relativamente baja permeabilidad y elevadas susceptibilidades a la erosión. Su efecto sobre un hidrograma indica tiempos de concentración cortos.

Una cuenca con baja densidad de drenaje refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta. Una baja densidad de drenaje es favorecida en regiones donde el subsuelo es altamente resistente a la infiltración, cubierta de vegetación muy densa y relieve plano. La densidad de drenaje tiende a ser menor en ciertas regiones desérticas de topografía plana y terrenos arenosos, ya un alto drenaje en regiones húmedas, montañosas y de terrenos impermeables. Esta última situación es la más favorable, pues si una cuenca posee un área de drenaje bien desarrollada, la extensión media de los terrenos a través de los cuales se produce el escurrimiento superficial es corto y el tiempo en alcanzar los cursos de agua también será corto; por consiguiente la intensidad de las precipitaciones influirá inmediatamente sobre el volumen de las descargas de los ríos.

Existen diversas metodologías para la estimación del tiempo de concentración que han sido desarrolladas a partir de conceptualizaciones semiempíricas. Las más empleadas en los estudios de hidrología son las siguientes:

#### ***Tiempo de concentración a partir de la fórmula empírica de Kirpich***

Desarrollada a partir de la información del SCS en siete cuencas rurales en Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (de 3% a 10%).

$$T_c = 0.0003245 L^{0.775} S^{-0.385} \text{ (En horas)}$$

Donde:

L: Longitud máxima del canal o ríode desde aguas arriba hasta la salida, (en metros).

S: Pendiente del cauce  $H/L$  (m/m) donde H es la diferencia de elevación entre el punto más elevado y el punto de interés.

Tiempo de concentración a partir de la fórmula empírica del U.S. Bureau of Reclamation of California

Conocida también como la fórmula de California Culverts Practice. Esencialmente es la ecuación de Kirpich, desarrollada para riego queñascuencasmontañosas en California (Ven Te Chow, 1994: p.96).

$$T_c = 0.94788 L^3 / H^{0.385} \text{ (En horas)}$$

Donde:

L: Longitud de flujos superficial (en kilómetros).

H: Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (en metros).

Tiempo de concentración a partir de la fórmula de Chow

$$T_c = 0.8773 \left( \frac{L}{\sqrt{\frac{C_{Mr} - C_{mr}}{L}}} \right)^{0.64}$$

Donde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas.

L = Longitud del cauce principal [Km].

C<sub>M</sub> = Cota Mayor.

C<sub>m</sub> = Cota Menor.

Los resultados de la aplicación de estos métodos para cada una de las cuencas del área de influencia del Proyecto, se presentan en la Tabla 17. El valor final asignado corresponde a un promedio de los valores obtenidos a partir de la ecuación empírica empleada.

**Tabla 17 Tiempos de concentración (minutos) para las cuencas del área de influencia del Proyecto**

N	Cuencas subcuencas microcuencas	Area	Longitud de Cauce	Cota máxima	Cota mínima	So	Tiempos de Concentración (horas)			T <sub>c</sub>	
							Ec. Kirpich	Ec. U.S. Corps Engineers	V.T. Chow	horas	min
		Km <sup>2</sup>	(m)	msn m	msn m	(%)	horas	horas	horas	horas	min
1	Río Desbaratado	210.85	57,227.97	4,145	950	5.58	4.52	4.72	4.13	4.46	267.50
2	Río Baché	200.52	26,205.70	3,464	1,322	8.18	2.14	2.43	2.22	2.26	135.67
3	Río Saldaña	414.41	41,749.86	4,224	1,527	6.46	3.35	3.62	3.22	3.40	203.78
4	Río Ata	931.44	73,039.93	4,328	1,130	4.38	5.99	5.95	5.22	5.72	343.27
5	Río Hereje	86.04	22,411.	4,181	1,519	11.	1.64	2.01	1.78	1.81	108.

172

6	QuebradaPatagonia	7.95	4,920.6 6	2,561	1,485	21. 88	0.40	0.56	0.55	0.51	30.4 7
7	RíoPaez	3,523. 75	294,256 .95	4,328	588	1.2 7	28.21	21.72	18.90	22.9 4	
8	QuebradaLaCañada	18.57	8,581.5 6	1,999	735	14. 72	0.72	0.93	0.90	0.85	51.0 0
9	QuebradaElIguual	6.85	3,761.6 7	1,815	897	24. 39	0.32	0.45	0.45	0.41	24.3 4
10	QuebradadeJacobo	6.08	4,509.1 3	1,534	797	16. 33	0.42	0.56	0.58	0.52	31.1 5
11	QuebradaElChorro	4.35	3,402.0 8	1,578	758	24. 10	0.29	0.42	0.42	0.38	22.7 3
12	QuebradaChucha	3.55	4,242.3 8	1,622	793	19. 54	0.38	0.52	0.52	0.47	28.3 0
13	QuebradaLaChorrera	2.43	3,032.7 2	1,588	746	27. 76	0.25	0.37	0.38	0.33	20.0 9
14	QuebradaElGuamal _1	1.71	2,042.7 8	1,068	729	16. 58	0.23	0.31	0.35	0.29	17.5 8
15	QuebradaParedes	7.30	3,522.9 4	1,566	714	24. 18	0.30	0.43	0.43	0.39	23.2 8
16	QuebradaElGuamal	1.09	1,630.2 9	1,068	739	20. 19	0.18	0.25	0.28	0.24	14.1 2
17	QuebradaLosBollos	3.30	2,443.5 5	1,613	792	33. 62	0.20	0.31	0.31	0.27	16.2 9
18	QuebradaBeberrecio	9.12	5,859.3 0	1,983	744	21. 15	0.47	0.65	0.63	0.58	34.8 8
19	QuebradaLaVaras	3.62	3,267.0 2	1,812	774	31. 78	0.26	0.39	0.38	0.34	20.3 9
20	QuebradaSanJuan	10.92	3,695.9 7	2,540	989	41. 96	0.25	0.40	0.37	0.34	20.5 7
21	RíoMaría	30.18	10,321. 35	3,238	923	22. 43	0.71	0.99	0.88	0.86	51.5 8
22	QuebradaPedernal	33.78	14,261. 24	3,217	923	16. 08	1.03	1.34	1.21	1.20	71.7 1
23	QuebradaElNilo	34.76	13,423. 28	3,028	841	16. 29	0.98	1.28	1.16	1.14	68.3 8
24	QuebradaElOso	24.00	7,935.3 9	2,537	1,369	14. 72	0.68	0.88	0.85	0.80	48.2 1
25	QuebradaCorozal	9.74	5,546.0 0	2,350	1,203	20. 68	0.45	0.62	0.61	0.56	33.7 5
26	QuebradaMontalvo	33.19	9,372.5 8	3,120	1,590	16. 33	0.74	0.97	0.92	0.88	52.7 4
27	RíoClaro	67.18	21,708. 48	3,094	1,756	6.1 7	2.06	2.22	2.15	2.14	128. 66
28	QuebradaSanJoaquín	9.88	9,030.0 7	2,385	1,131	13. 90	0.77	0.98	0.95	0.90	53.8 1
29	QuebradaSanGabriel	111.7 4	29,219. 30	3,404	1,083	7.9 4	2.35	2.65	2.40	2.47	148. 03
30	RíoSiquila	138.5 7	28,683. 22	3,404	1,487	6.6 9	2.48	2.70	2.50	2.56	153. 68
31	RíoYaguará	293.4 1	55,916. 07	2,838	627	3.9 5	5.07	4.95	4.54	4.86	291. 42
32	RíoFraile	539.5 1	58,126. 38	4,192	947	5.5 8	4.58	4.78	4.17	4.51	270. 54
33	QuebradaLasArrugas	45.45	12,186. 93	4,181	3,003	9.6 7	1.11	1.31	1.29	1.24	74.2 7
34	QuebradaSanPablo	7.14	6,176.3 7	2,174	955	19. 73	0.50	0.68	0.66	0.62	36.9 7
35	QuebradaElAchiote	14.44	4,833.8 8	1,364	572	16. 40	0.45	0.59	0.60	0.55	32.7 0
36	Ríolquira	168.0 7	33,264. 57	3,235	673	7.7 0	2.63	2.94	2.63	2.74	164. 12
37	RíoFraileyDirectosRíoCauca	287.7 7	14,485. 34	3,090	943	14. 82	1.08	1.38	1.25	1.24	74.2 6

38	RíoBolo	286.46	53,213.29	3,993	941	5.73	4.23	4.45	3.91	4.20	251.73
39	RíoBoloBlanco	42.88	10,972.53	4,092	1,559	23.08	0.73	1.03	0.91	0.89	53.46
40	QuebradaMendoza	12.05	6,293.45	4,085	2,546	24.46	0.47	0.67	0.63	0.59	35.22
41	QuebradaEISilencio	16.96	7,205.78	4,164	2,306	25.78	0.51	0.73	0.67	0.64	38.24
42	QuebradaElCastillo	7.67	5,454.49	3,983	2,367	29.63	0.39	0.58	0.54	0.50	30.07
43	RíoBoloAzul	16.03	6,491.93	4,137	2,546	24.51	0.48	0.68	0.64	0.60	35.99
44	NN	50.50	7,399.98	4,192	3,026	15.77	0.63	0.82	0.80	0.75	44.94
45	QuebradaElTriunfo	7.58	4,990.35	4,056	3,079	19.58	0.43	0.58	0.58	0.53	31.78
46	QuebradaElBejuquero	10.49	5,817.43	4,109	2,838	21.84	0.46	0.64	0.62	0.57	34.38
47	QuebradaLasMercedes	22.53	6,777.10	3,630	1,851	26.25	0.48	0.70	0.64	0.61	36.40
48	QuebradaElQuebradón	17.17	7,406.14	4,040	2,089	26.35	0.52	0.74	0.68	0.65	38.76
49	QuebradaElVenao	4.98	4,516.42	4,040	2,580	32.34	0.33	0.49	0.46	0.43	25.60
50	QuebradaElPurgatorio	7.36	5,136.87	4,068	3,063	19.55	0.44	0.60	0.59	0.54	32.46

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El resultado de esta operación permite clasificar cada cuenca del mapa dentro de seis categorías que se describen en la Tabla 18.

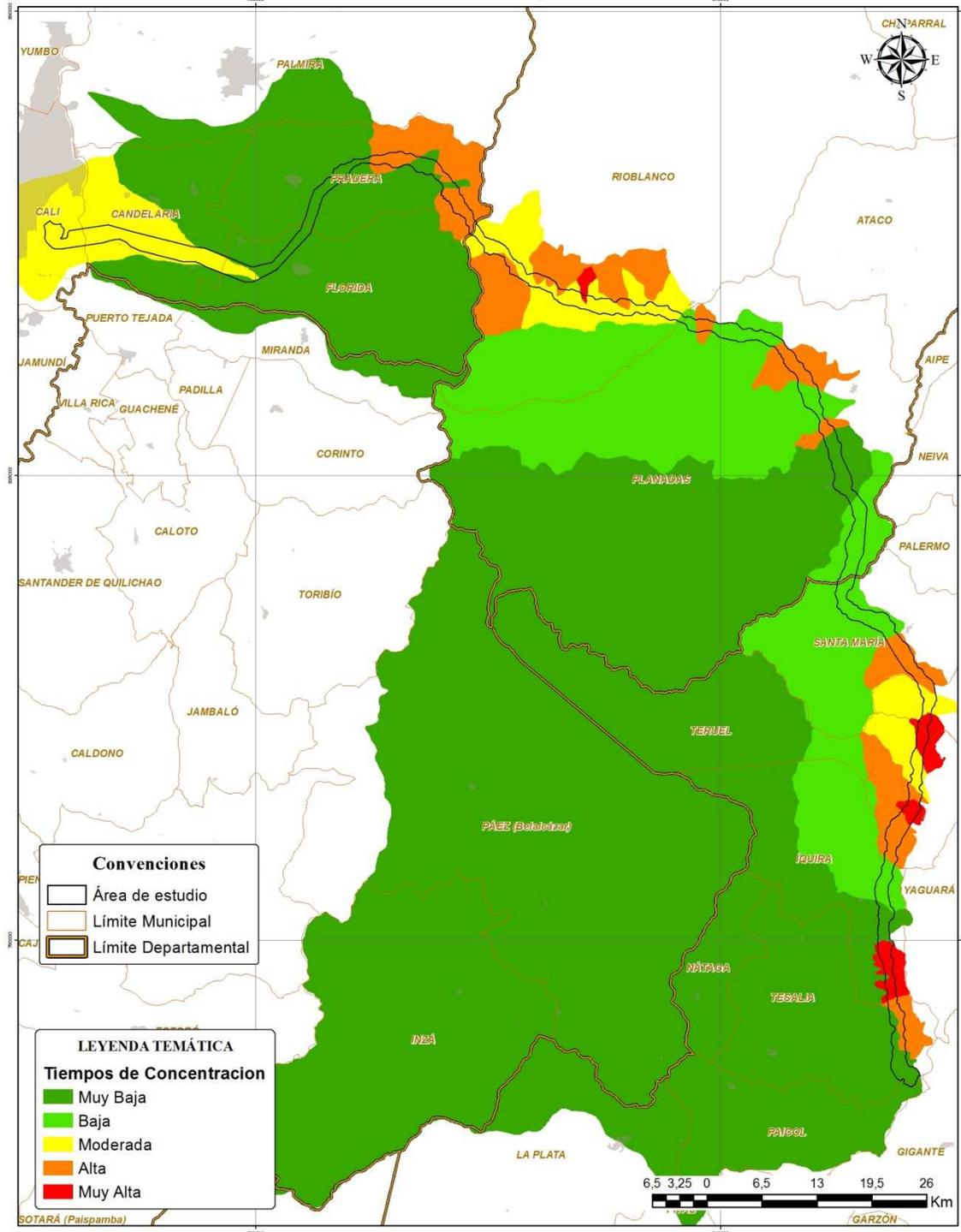
**Tabla 18 Categorías de evaluación para el Tiempo de Concentración en las cuencas del área de influencia del Proyecto**

Rango de Tiempo de Concentración (min)	Categoría	Valor de reclasificación
<30	Muy Baja	1
30-60	Baja	2
60-120	Moderada	3
120-240	Alta	4
>240	Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El resultado de este análisis de reclasificación para el parámetro del Tiempo de Concentración (minutos) es como se muestra en la Figura 39.

**Figura 39 Mapade categorización del Tiempo de Concentración (Tc) como factor de torrencialidad en las cuencas del área de influencia del Proyecto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Categorización de la amenaza por avenidas torrenciales**

La evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales se está definiendo de la siguiente manera:

$$\text{Amenaza Torrencial (AT)} = 0.4 \times P + 0.4 \times Tc + 0.2 \times Dd$$

Donde:

AT = Amenaza por avenidas torrenciales.

P = Nivel de amenaza según la Precipitación media total anual en la cuenca.

Tc = Nivel de amenaza según el Tiempo de concentración de la cuenca.

Dd = Nivel de amenaza según la Densidad de Drenaje de la cuenca.

Se asignaron diferentes categorías de evaluación a los rangos de precipitación media anual, las clases morfométricas medidas como Densidad de drenaje y el tiempo de respuesta de la cuenca ante eventos de precipitación; esto permitió homogenizar los diversos parámetros para posteriormente analizarlos; cada categoría está compuesta por un dígito numérico que va del 1 al 6, donde 1 corresponde a la condición más favorable y 6 representa la condición más desfavorable.

Con la ponderación de estos parámetros en la Tabla 19, se presentan los intervalos para la categorización y grado de amenaza por avenidas torrenciales.

**Tabla 19 Intervalos y categorías de la amenaza por avenidas torrenciales**

Rango de Valoración de la variable AT	Categoría
1–2	Muy Baja
2–3	Baja
3–4	Moderada
4–5	Alta
5–6	Muy Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El significado de cada uno de estos rangos a raíz de los eventos de torrencialidad se indica en la Tabla 20.

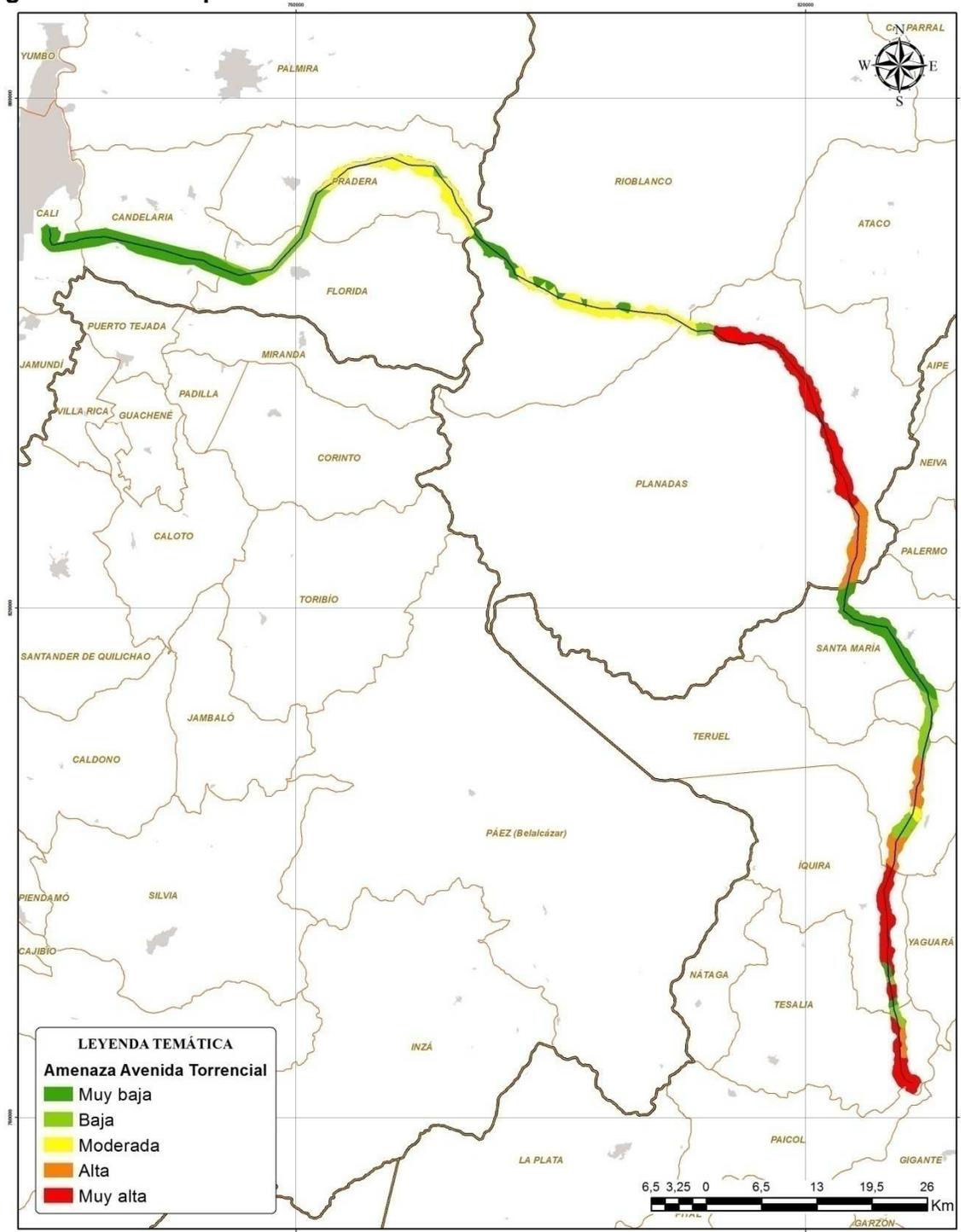
## Tabla 20 Tipos de amenaza por avenidas torrenciales en las cuencas del área de influencia del Proyecto

Nivel de amenaza	Rango	Descripción
1.0-2.0	Muy Baja	Son áreas que tienen poca o baja activación como respuesta a lluvias de larga duración cubriendo zonas extensas. Generalmente, son los interfluvios y drenajes de primer orden que drenan directamente al río principal de la cuenca.
2.0-3.0	Baja	Son áreas que se activan como respuesta a lluvias de larga duración cubriendo zonas extensas. Generalmente, son los interfluvios y drenajes de primer orden que drenan directamente al río principal de la cuenca.
3.0-4.0	Medio	Presentan una cobertura vegetal variada desde los bosques hasta cultivos, potencialmente inestables por movimientos en masa, pendiente, procesos erosivos y crecientes de los cursos de agua; poseen una respuesta hidrológica moderadamente rápida. Generalmente presentan crecidas en las épocas de mayor precipitación.
4.0-5.0	Alta	Áreas potencialmente inestables por pendiente y movimientos en masa; poseen una respuesta hidrológica rápida con una cobertura del suelo que incluye matorrales, asociación de cultivos y pastizales y pastizales naturales. Generalmente presentan crecidas en periodos lluviosos.
5.0-6.0	Muy Alta	Áreas caracterizadas por presentar fuertes precipitaciones y condiciones de humedad antecedentes altos, con predominio de cultivos, pastizales y vegetación arbustiva. En áreas inestables y potencialmente inestables que responden rápida y violentamente a lluvias de alta intensidad y corta duración, pueden generar crecidas torrenciales.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 40 se representan las zonas de amenaza por avenidas torrenciales en el área de influencia del Proyecto.

**Figura 40 Amenaza por avenidas torrenciales**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Para cada una de las cuencas que se contemplaron dentro de la zona de estudio, el nivel de Amenaza Torrencial es el que se indica en la Tabla 21.

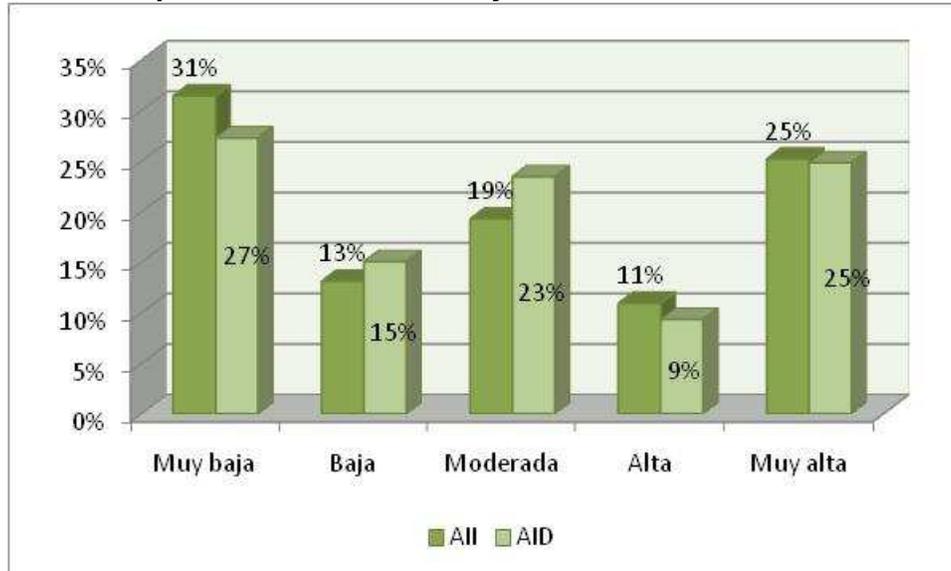
**Tabla 21 Amenaza por Torrencialidad para las cuencas del área de influencia del Proyecto**

Red drenaje principal	Subcuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Amenaza por Torrencialidad
Vertiente Magdalena-cauca	Río Desbaratado	210,85	111,08	Muy Baja
	Río Fraile	539,51	122,68	Muy Baja
	Río Fraile y Directos Río Cauca	287,77	105,08	Muy Baja
Magdalena	Quebrada Chucha	3,55	9,34	Muy Alta
	Quebrada Corozal	9,74	13,04	Moderada
	Quebrada de Jacobo	6,08	10,62	Moderada
	Quebrada El Achiote	14,46	18,48	Muy Baja
	Quebrada El Chorro	4,35	9,65	Moderada
	Quebrada El Guamal	1,09	4,80	Muy Alta
	Quebrada El Guamal_1	1,71	5,55	Muy Alta
	Quebrada El Igual	6,85	11,51	Alta
	Quebrada El Nilo	34,76	27,46	Moderada
	Quebrada El Oso	24,00	20,22	Moderada
	Quebrada La Cañada	18,57	20,46	Baja
	Quebrada La Chorrera	2,43	8,17	Muy Alta
	Quebrada La Varas	3,62	9,29	Muy Alta
	Quebrada Las Arrugas	45,45	33,05	Baja
	Quebrada Los Bollos	3,30	7,93	Alta
	Quebrada Montalvo	33,19	26,41	Alta
	Quebrada Paredes	7,29	12,01	Baja
	Quebrada Patagonia	7,95	11,97	Alta
	Quebrada Pedernal	33,78	30,99	Moderada
	Quebrada San Gabriel	111,74	52,92	Moderada
Quebrada San Joaquin	9,88	17,10	Muy Alta	
Quebrada San Juan	10,92	14,63	Muy Alta	
Quebrada San Pablo	7,14	16,00	Muy Alta	
Saldaña	Río Ata	931,43	162,37	Baja
	Quebrada Beberrecio	9,12	15,29	Muy Alta
	Río Bache	200,52	66,57	Muy Baja
	Río Claro	67,18	47,32	Baja
	Río Hereje	206,66	75,95	Baja
	Río Iquira	168,07	63,04	Baja
	Río La María	30,18	28,48	Baja
	Río Paez	3.513,00	362,65	Baja
	Río Saldaña	414,41	98,16	Baja
	Río Siquila	138,57	59,23	Moderada
Río Yaguará	320,36	108,76	Muy Baja	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Figura 41 muestra que el 45% del AII (13.491 ha) y el 42% (308 ha) del AID, se localizan en zonas de Muy Baja y Baja amenaza a la torrencialidad; el 36% (10.939 ha) del AII y 34% (248 ha) del AID son de amenaza Alta y Muy Alta por torrencialidad. El 19% (5.830 ha) del AII y 23% (170 ha) del AID son de amenaza Moderada.

**Figura 41 Amenaza por torrencialidad en AII y AID**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.2.5 Amenaza por inundaciones

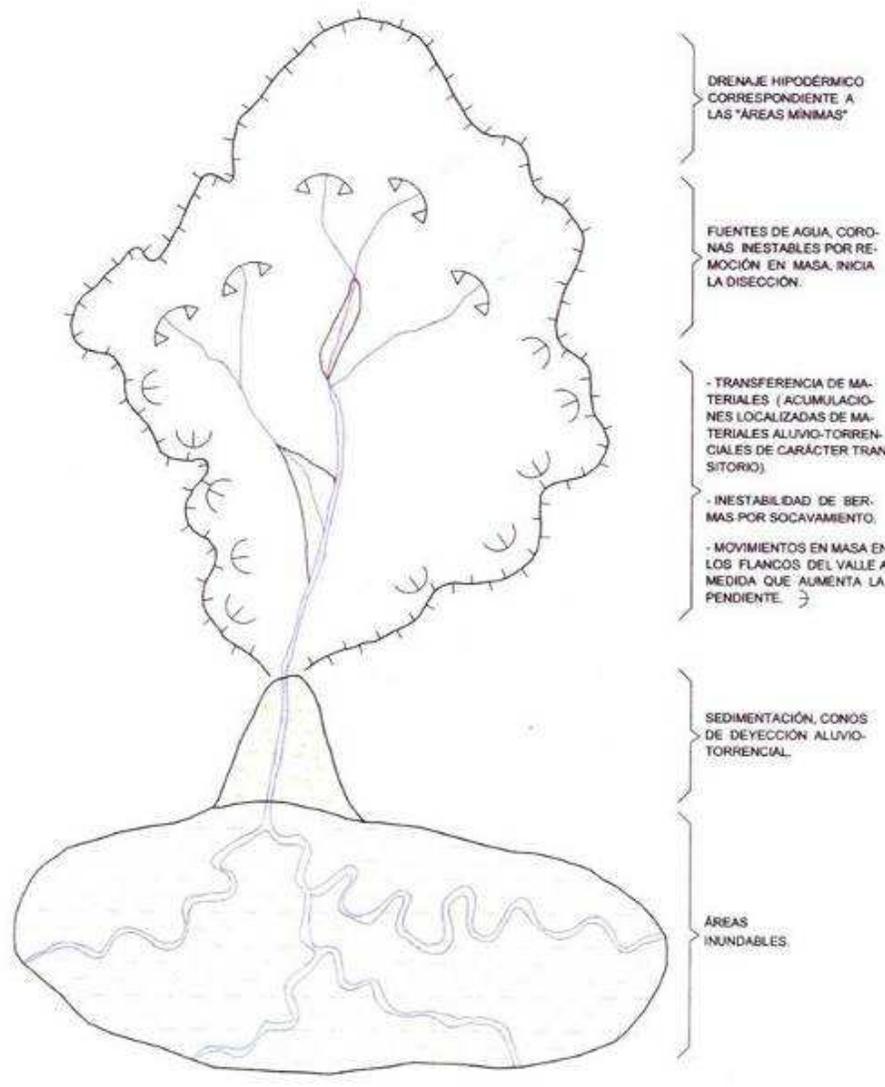
Las inundaciones son eventos naturales que ocurren en áreas extensas (llanuras de inundación) y pueden causar dificultades en la construcción y operación de la línea de transmisión.

Según Flórez (2003), los modelados aluviales<sup>100</sup> resultan de la dinámica fluvial de las corrientes de agua. Un sistema fluvial se entiende bajo el concepto de sistema de transferencia que corresponde con una cuenca hidrográfica en la que se diferencian áreas de la cuenca o sectores del cauce de drenaje llamados básicamente “área de aporte”, “transporte” y “sedimentación”, elementos que conforman una catena<sup>101</sup> (Figura 42).

100 Modelado: término opuesto al de relieve y se define como el conjunto de geoformas y de formaciones superficiales correlativas de los procesos morfogénicos (modeladores), y estos explicados por factores de la dinámica externa (viento, agua, glaciares, hombre). Ej.: modelado eólico - dunas, modelado glacial - morrenas.

101 Catena: conjunto de todos los elementos interrelacionados que integran un modelado.

**Figura 42** Sistema de Transferencia



Fuente: Flórez, 2003<sup>102</sup>

**Área de aporte.** Las partes altas de una cuenca reciben el agua lluvia, la concentran, y por escurrir inician el proceso de disolución, el caudal y los sedimentos van a los ejes de drenaje.

**Área de transporte.** El proceso es básicamente el transporte, aunque por disolución hay también arrastre de materiales en el fondo y márgenes, que se incorporan como sedimentos a las corrientes.

**Área de sedimentación.** En las partes bajas (piedemonte sobordes de llanuras) disminuye su competencia y capacidad de carga, con la pérdida notable de su pendiente longitudinal, y ocurrese

<sup>102</sup> Flórez, Antonio, (2003). "Colombia: evolución de sus relieves y modelados". 1ra. Edición. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

dimenciación en conosaluviales o aluvio-torrenciales. Por la baja profundidad del cauce, sus aguas se desbordan durante el periodo lluvioso, formando áreas de inundación y desbordamiento de las corrientes de agua en la llanura aluvial (partes bajas o depresionales).

A continuación se presenta la zonificación por inundación, la cual se realizó por medio de un método semicuantitativo, siguiendo los procedimientos de zonificación del sistema de evaluación numérica superponiendo las temáticas relacionadas con dicha evaluación, descritos por Varnes (op.cit.) y Van Westeen (op.cit.).

### • **Conceptos básicos**

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente (INETER y COSUDE, 2005)<sup>103</sup>. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro del cauce, superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando desbordamientos y dispersión de agua sobre llanuras de inundación y zonas aledañas al curso de agua, normalmente no sumergidas.

Las zonas inundables pueden permanecer varios años sin ser afectadas por este fenómeno ya que dependen de los periodos de recurrencia de las crecientes máximas. El resultado de las inundaciones implica en muchos casos pérdidas de vidas humanas y daños en infraestructuras según la magnitud e intensidad del evento. Las características propias de una área que pueden llegar a definir la como inundable (modificado de INETER y COSUDE, op.cit.) son:

Condiciones topográficas.

Presencia de materiales finos (características litológicas que induzcan baja permeabilidad en capas subyacentes).

Nivel máximo de los cauces que la circundan durante épocas invernales, relacionándola también con sucesos de lluvias intensas y de larga duración.

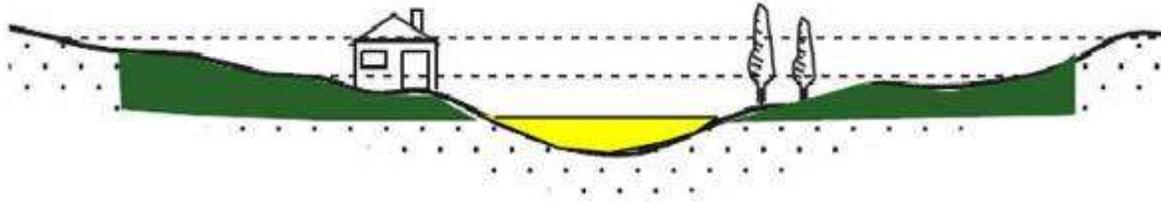
Para el presente estudio se definieron tres zonas de interés por su susceptibilidad a este tipo de fenómeno natural:

- Zonas bajas o rodeadas de montañas con mayor amenaza por inundación, que se asemejan a cauces de ríos; en la Figura 43, estas zonas se identifican por el color amarillo.
- Lugares cercanos a zonas bajas identificadas como cauces y depresiones. Estas zonas se resalta en la Figura 43 con color verde.
- Lugares con gradiente topográfico mínimo (pendiente del terreno muy baja).

---

103 Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Inundaciones fluviales. Nicaragua. 2005.

**Figura 43 Representación de zonas con Amenaza a inundación**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2012

De lo anterior, las geoformas susceptibles a este tipo de fenómenos corresponden a unidades geomorfológicas fluviales como planicies de inundación, abanicos aluviales, terrazas bajas y depósitos aluviales recientes. A su vez, sitios con pendiente topográfica moderada a alta son susceptibles a inundaciones.

- **Evaluación de la amenaza por inundación**

De acuerdo con lo anterior, para el estudio de zonificación de esta amenaza se tuvieron en cuenta dos aspectos relacionados con la geomorfología de los terrenos del área de influencia del Proyecto, que corresponden al Paisaje y las Unidades Geomorfológicas. La valoración de susceptibilidad a inundaciones por características geomorfológicas, se realizó con base en los criterios que se establecen en la Tabla

22, donde 1 corresponde a muy baja susceptibilidad y 5 a muy alta. La Tabla 23 muestra la calificación del territorio, aplicando los mencionados criterios.

**Tabla 22 Intervalos y categorías de amenaza por inundaciones**

Valor	Amenaza por inundaciones
1	Muy Baja
2	Baja
3	Moderada
4	Alta
5	Muy Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 23 Valores de susceptibilidad a inundaciones por características geomorfológicas**

Símbolo	Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Susceptibilidad a inundaciones
LS12-62d	Lomas(L)	Lomas y colinas(12)	Ladera(62)	1
LS20-62d		Cono de deyección(20)	Ladera(62)	1
LS21-89d		Terraza deposicional(21)	Plan de terraza(89)	1
MS1-62f	Montañas(M)	Anticlinal(1)	Ladera(62)	1
MS7-110d,e,f		Barras Homoclinales(7)	Ladera de buzamiento(110)	1
MS7-111e,f			Ladera erosional(111)	1
MS34-62e,f		Filas, vigas, crestas ramificadas(34)	Ladera(62)	1
MS14-110d		Colinas(14)	Ladera de buzamiento(110)	1
MS14-62e			Ladera(62)	1
MS35-110d		Lomas(35)	Ladera de buzamiento(110)	1
MS36-62d,e		Lomas y colinas(36)	Ladera(62)	1
MS15-62d,e,f,g		Coluvio(15)	Ladera(62)	1
MS44-62d		Vallecito coluvioaluvial(44)	Ladera(62)	3
MÑ34-62d,e,f,g		Filas, vigas, crestas ramificadas(34)	Ladera(62)	1
MH45-103d,e		Vega(45)	Vega(103)	5
MH41-89e,f		Terraza aluvial(41)	Plan de terraza(89)	3
MH17-62c,e,f,g		Cono aluvial(17)	Ladera(62)	1
MH28-62e		Cono de deyección(28)	Ladera(62)	1
MN5-63e,f,g		Cumbre de artesas, cumbres andinas(5)	Ladera de circo y artesa(63)	1
MN15-62e		Coluvio(15)	Ladera(62)	1
MN44-62e	Vallecito coluvioaluvial(44)	Ladera(62)	1	
MN44-103d,e		Vega(103)	5	
PA44-103a,b,d	Piedemonte(P)	Vega(44)	Vega(103)	5
PA2-62b,d,e		Abanico aluvial(2)	Ladera(62)	1
PA2-37a,b,c			Cuerpo, parte media(37)	1
PA5-62b		Abanico aluvial reciente(5)	Ladera(62)	1
PX28-		Cono de deyección(28)	Ladera(62)	1

Símbolo	Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Susceptibilidad a inundaciones
62d				
VA28-103c,d	Valle(V)	Vega(28)	Vega(103)	5
VA28-105a,c,d			Vegabaja,playones,islotes(105)	5
VA8-89d		Terrazaagrada(8)	Planodeterraza(89)	3
VA4-104a		Planodeinundación(4)	Vegaalta,sobrevega(104)	4
VA4-67a			Meandro(67)	5
PA2-62b,d,e	Piedemonte(P)	Abanicoaluvial(2)	Ladera(62)	3
Ríos				NA

Fuente:Consultoría Colombiana S.A., 2014

Como factor de detonante se consideró la variación regional de la precipitación, cuya valoración se presenta en la Tabla de Susceptibilidad de PRM por Precipitación, del Capítulo 3.2.9, Zonificación Geotécnica, del presente estudio. La evaluación de la amenaza por inundación se definió así:

$$AI = (SG) * (fp)$$

Donde:

AI = Amenaza por inundación.  
 SG1 = Susceptibilidad geomorfológica por paisaje.  
 SG2 = Susceptibilidad geomorfológica por relieve.  
 fp = Factor precipitación.

Con la ponderación de estos parámetros, en la Tabla 24 se presentan los intervalos y grados de amenaza por avenidas de inundación y la Tabla 25 describe las condiciones generales de los rangos de valoración de amenaza por inundación en el área de influencia del Proyecto.

**Tabla 24 Intervalos y categorías de la amenaza por inundación**

Ponderación	Amenaza por Inundación	
0	1	Muy Baja
1 a 2	2	Baja
3	3	Moderada
4	4	Alta
	5	Muy alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

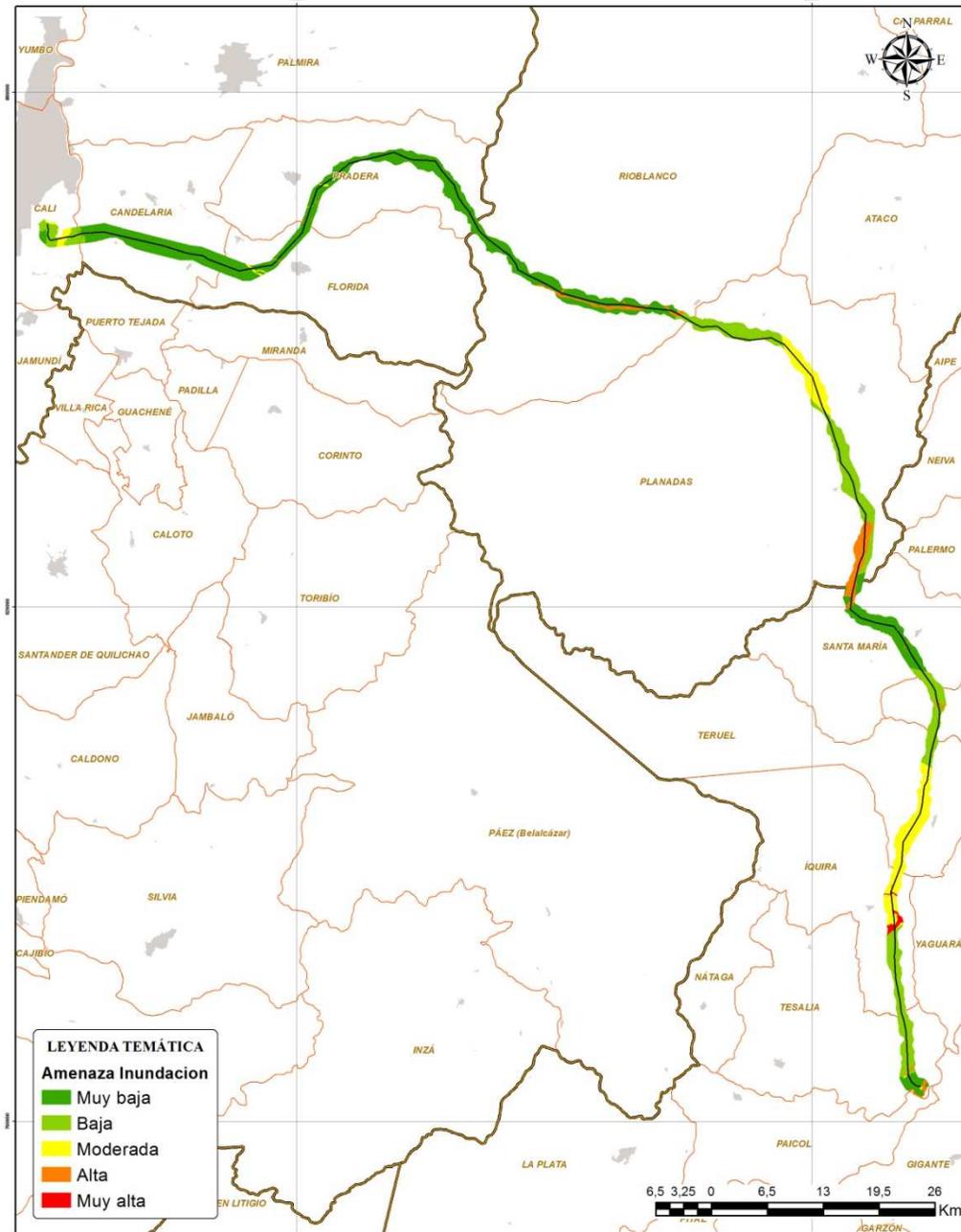
**Tabla 25 Unidades resultantes de la zonificación de amenaza por inundaciones**

Amenaza	Descripción	Símbolo
Muy alta	Zonas de llanuras aluviales adenañas a corrientes de agua y zonas de depresiones.	
Alta	Zonas rodeadas de montañas, cercanas a piedemontes y valles inundables, localizadas en la confluencia de ríos y quebradas principales.	
Moderada	Inundaciones en regiones relativamente cercanas a corrientes de agua y presentes en las unidades geomorfológicas fluviales susceptibles.	
Baja	Inundaciones en regiones relativamente alejadas de corrientes de agua.	
Muy Baja	Zonas en las que no ocurren este tipo de fenómenos.	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 44 se presentan los resultados de amenaza por inundación en el área de influencia del Proyecto.

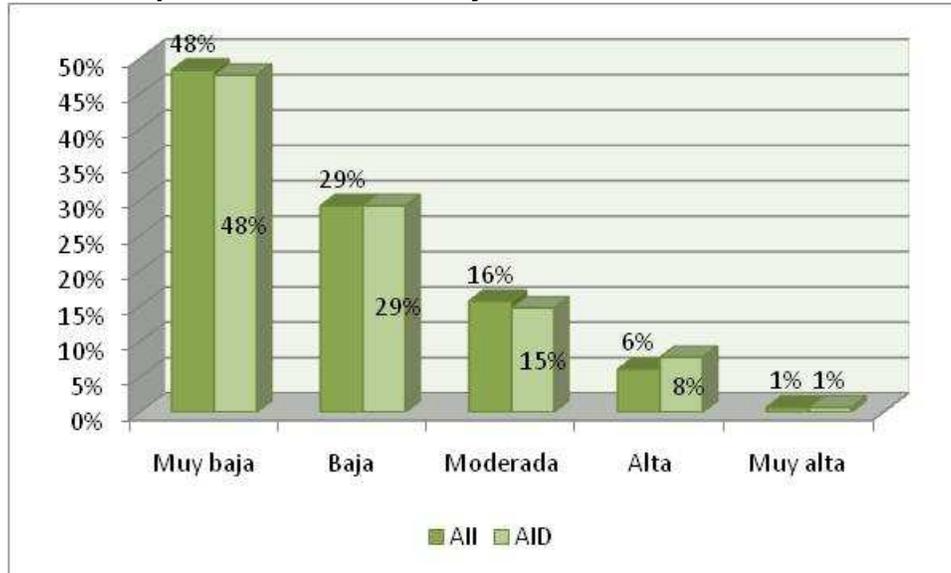
**Figura 44 Amenaza por inundación en el área de influencia del Proyecto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Figura 45 muestra que el 78% (23.462 ha) del AII y 77% (558 ha) del AID presentan amenaza Muy Baja y Baja por inundaciones; el 16% (4.755 ha) del AII y 15% (107 ha), es de amenaza moderada. Apenas un 7% (2.043 ha) del AII y 9% (61 ha) del AID, presentan amenaza Alta y Muy Alta.

**Figura 45 Amenaza por inundaciones en AII y AID**

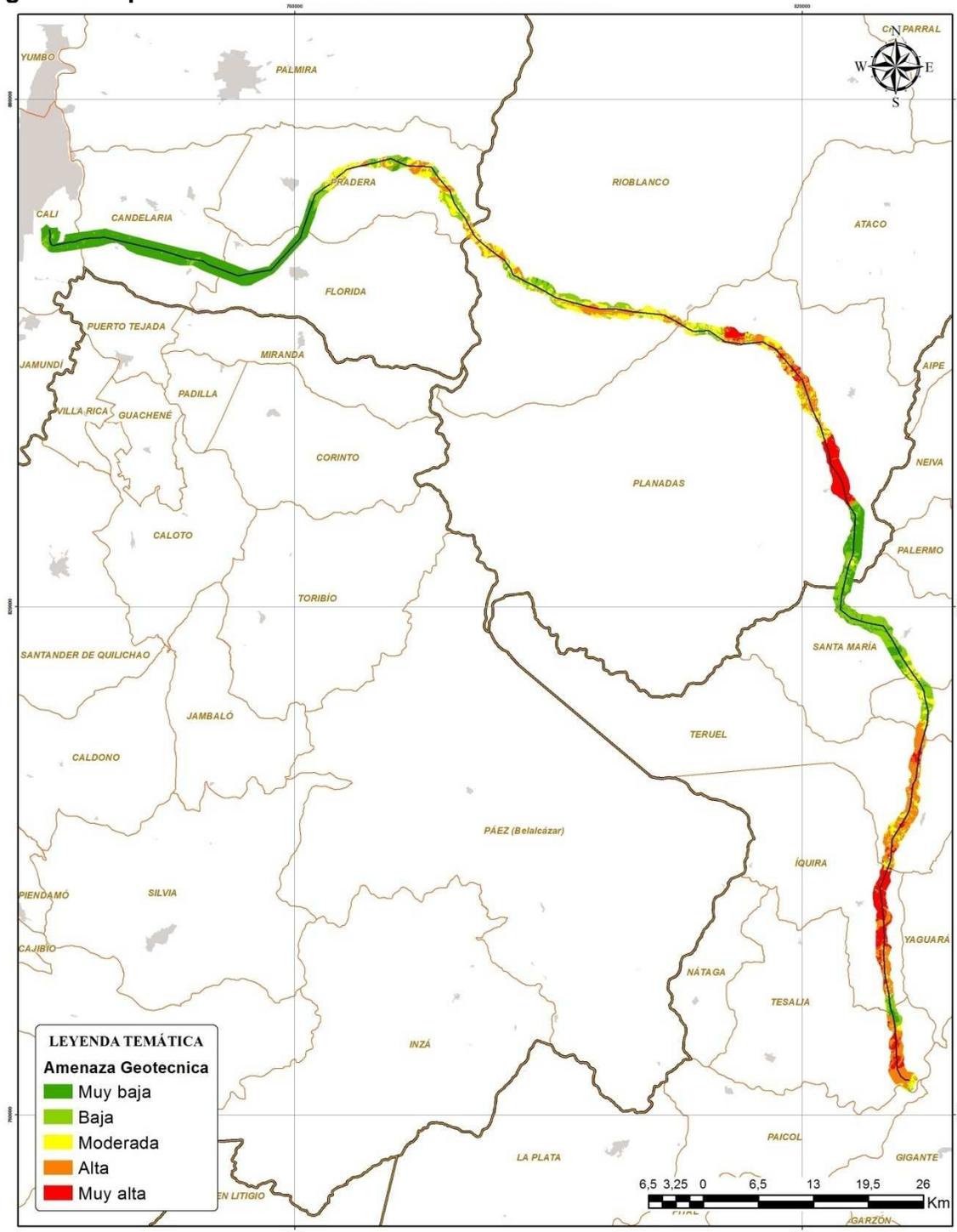


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.2.6 Amenaza geotécnica

En el capítulo 3.2.9, del presente estudio, se determinó la zonificación geotécnica en función de la amenaza, la cual se incorporó para la determinación de Amenazas naturales en el área de influencia del Proyecto (Figura 46).

**Figura 46 Mapade Amenaza Geotécnica**

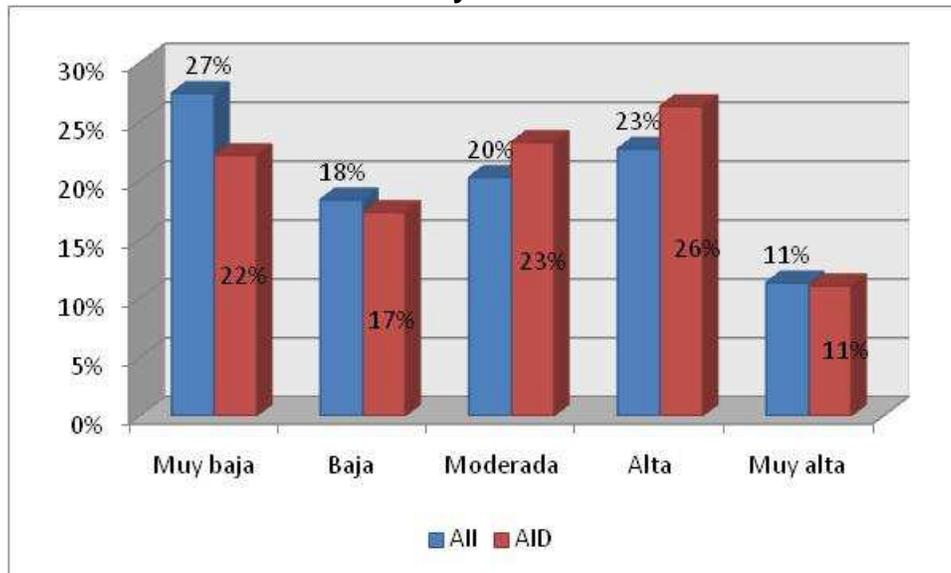


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura

47 se muestra el resumen del reporte de las áreas de amenaza geotécnica que conforman las áreas de influencia directa (AID) e indirecta (AII) del Proyecto, las cuales son de comportamiento similar es; el 46% (13.846 ha) del AII y 39% (285 ha) del AID son amenaza geotécnica Muy baja y Baja; el 34% (10.280 ha) del AII y 37% (270 ha) del AID son de amenaza Alta y Muy alta; el 20% (6.133 ha) del AII y 23% (168 ha) del AID son amenaza Moderada.

**Figura 47 Zonificación Geotécnica en AII y AID**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.2.7 Amenaza volcánica

La evaluación de Amenaza volcánica que se presenta en las áreas de influencia de la línea de transmisión Tesalia – Alférez a 230 kV, fue tomada de estudios existentes para la región, especialmente del “Mapa Preliminar de Riesgos Volcánicos potenciales del Nevado del Huila”, realizado por la Gobernación del Huila – Instituto de Desarrollo del Huila, IDEHUILA – INGEOMINAS.

Según este estudio el Volcán Nevado del Huila hace parte de la cadena de volcanes activos que se sitúan en la cresta de la Cordillera Central y que de buena actividad al interactuar por la subducción de la Placa alitósferica Nazca bajo la placa Bloque Andino; su edificio está fundado sobre rocas plutónicas tonalíticas del Batolito del bagué (Álvarez & Linares, 1983, opcit).

El Volcán Nevado del Huila posee una forma elíptica alargada en dirección N30°E, de aproximadamente 16 km de eje mayor y 11 km de eje menor; sus productos directos se hallan desde los 2.000 m de altura al sur, y desde los 3.300 m de altura al norte, este y oeste. La altura del edificio volcánico sobre las rocas subyacentes es de unos 2 km en sus partes más altas, conocidas como Picos Norte (5.365 msnm) y Sur (5.250 msnm).

No es identificable un cráter propiamente dicho, sino fumarolas por las cuales se emiten vapores de agua y gases de azufre, que se depositan por sublimación en paredes y alrededores de la salida, teniendo estas zonas de amarillo. Algunas depresiones ocupadas por el hielo parecen ser circos glaciares en lugar de cráteres. La presencia de productos piroclásticos asociados a la actividad del Volcán Nevado del Huila, la ausencia de estructuras caldéricas o cráteres, su forma elongada siguiendo una fractura, así como la presencia de fumarolas y fuentes termales localizadas en sus falladas, permiten clasificar al Volcán Nevado del Huila como un volcán activo, con desarrollo netamente efusivo o lávico.

- **Registro geológico**

El registro geológico está representado por lavas y flujos delodo.

### **Lavas**

Se extiende hacia el SSE, indicando la dirección de la mayor actividad del volcán; estos productos lávicos llegan hasta el valle del río Páez, por el cual no han avanzado o lo han hecho por trayectos ortos. De composición intermedia (andesitas y dacitas), formadas a partir de líquidos viscosos y lentos en su avance. Los principales constituyentes minerales son vidrio, plagioclasa, piroxenos (ortoclasa y clinoclasa), anfíboles, accesorios metálicos y a veces biotita. Las formas de los flujos de lava varían de masivas a bloques.

### **Flujos delodo**

Los registros geológicos de rocas sedimentarias pliocuaternarias, localizadas a lo largo del curso del río Páez, han permitido diferenciar tres eventos que involucran flujos delodo originados a alguno de ellos, por actividad volcánica del Nevado del Huila; los flujos delodo más recientes datan como mínimo de hace 2.000 años.

A lo largo del río Páez se reporta el flujo delodo del Páez, de forma terrazada, siguiendo una paleopendiente de alrededor de 1%, parcialmente cubierta por abanicos aluviales y deladera, de carácter local. La edad máxima del depósito puede correlacionarse con una erupción del Volcán del Huila ocurrida hace  $3,7 \pm 0,2$  m.a. (datación radiométrica, Van Houten, 1.976)

Luego de la formación del depósito y flujo delodo, siguió un periodo de reposo de fenómenos volcánicos, donde la erosión fluvial efectuó un retrabajamiento de estos depósitos, ampliando el valle y profundizando su cauce en más de 250 m, a la altura del municipio de Tesalia.

Depósitos torrenciales de Paicol–

Tesalia. Por efecto de fenómenos de tipo torrencial, se produce un relleno de aproximadamente 50 m de espesor. Se reconocen mínimo nueve flujos delodo con espesores entre 4–6 m; tres de ellos poseen rasgos composicionales y de coloración muy similares al flujo delodo del Páez, que podrían corresponder a erupciones volcánicas del Nevado del Huila. Sin embargo, los fragmentos de roca de los flujos delodo supuestamente derivados de erupciones volcánicas, present

analgun gradoderedondeamiento, locualpodríaindicarquelosdepósitossehanoriginadoapartirdelflujodelodomásantiguo(Páez), sininfluenciavolcánica.

Flujodelodoreciente. Flujodelodosquesedepositaronsobreelsegundoniveldeterrazadelríopáez, compuestos defragmentosderocasvolcánicas, ensugranmayoríadeespesor10m, representan elúltimoeventoquepodríacorresponderalfenómenovolcánicomásrecientedelVolcánNevadodelHuila. Seestimaunaedadde2.000años.

- **Registrohistórico**

Noseconocenregistros históricosdeerupcionesyporconsiguiente, defenómenos asociados del tipoflujosdelodo(lahares) enelVolcánNevadodelHuila.

Stübelreportaen1.906doscolumnasdevaporsobreelpicoSurdelnevadoytinciónamarilladeazufreenlanieve, alrededordelfumarolas. Apesardequealgunosobservadoreshablandelaexistenciadecincofumarolas, solamentese reportan dosaloesteyunaalestedelpicoprincipal, concolumnasdevapor que no sobrepasan los 50 m.

Seconocenvariasfuentesdeaguastermales, ubicadasalrededorsobreedificiovolcánico.

### **Actividadsísmica**

Entreel18demarzode1.986(fechaenlacualcomenzóafuncionarelismógrafoenelsitioVerdum) yel30dejuliodel1.986, noseregistróenlossismógrafosningunaseñaldeorigenvolcánico, niotras quedieranindiciodedeactividadanormal, susceptibledeinterpretadacomopremonitoradeerupciónacortoplazo.

### **Flujosdelava**

LaslavashansidoelúnicoproductoconocidodelNevadodelHuila ysuregistroeneltiempopuedee xtendersehastamásde3,7m.a. (datacionesdeVanHouten, 1.976).

Sehaconsideradoqueestevolcán, aligualquelosotrosvolcanesyzonasvolcánicasactivasdeColombia, hizopartedelprimeraetapadelvulcanismoCenozoicoextinta(Cepeda, 1.985) y luego tuvo un rejuvenecimiento en la segunda etapa, que inició a finales del Plioceno, permaneciendo en la actualidad, sin haber variado sus características efusivas. El AII y AID del Proyecto delalíneadetransmisióna230kVTesalia–Alfárez, se localizan ensutotalidad, por fueradelazonadeamenazavolcánica, porefectodeflujosdelavayflujosdelodo, Figura 48.

### **Flujosdelodo**

Seencuentranenriesgoporflujosdelododeorigenvolcánico, todas las corrientes de agua que nac en los glaciares del NevadodelHuila, dentro de los cuales se encuentra el río Páez; se descartan de las zonas de riesgo los ríos Atá, Saldaña, Baché, Yaguará, Negro de Narváez y Polo, puesto que además de no nacer en la zona de hielo, se encuentran separados por barreras de montañas.

SolosereportanregistrosporflujosdelodoalolargodelríoPáez,deloscuales,elmásrecientetiene unaedadmínimade2.000años,conespesoresde10menelsectordePaicol– Tesalia.Seestimaqueundeshieloprovocadoporunaerupcióndelavasdelvolcáendesencadenarí aflujosdelodoalolargodelrío,quepuedenalcanzaralturasde30mporencima de su nivel actual.

Aunadistanciaaproximadade72kmdeladesembocaduradelríoPáezalríoMagdalena,lapendie ntedisminuyeal1%,elcaucesehacemásamplioyseesperaqueenesector, elmaterialgruesotransportadoseadepositado;entalescondiciones,elpeligroporflujosdelodoal olargodelríoMagdalenasereduceaunaavenidadeaguacargadaconmaterialdetamañofinoens uspensión(arenafina,limoyarcilla).

### **Actividadpiroclástica**

Losriesgosporactividadpiroclásticapuedendescartarsecasiusutotalidad,puestoquenoserep ortanvestigiosdeestetipodecomportamientodelvolcán;apesardetenerimportantesregistrosge oológicosdeactividad,seindicaquedifícilmmenteevolucionaen una dirección.LafaltadedatacionesradiométricasalolargodelavidaactivadelVolcánelHuila, nopermiteelconocimientodeliniciodelaetapaderejuvenecimiento, nitampocosiesposiblequeevolucioneaunafaciespiroclástica.

### **Inundaciones**

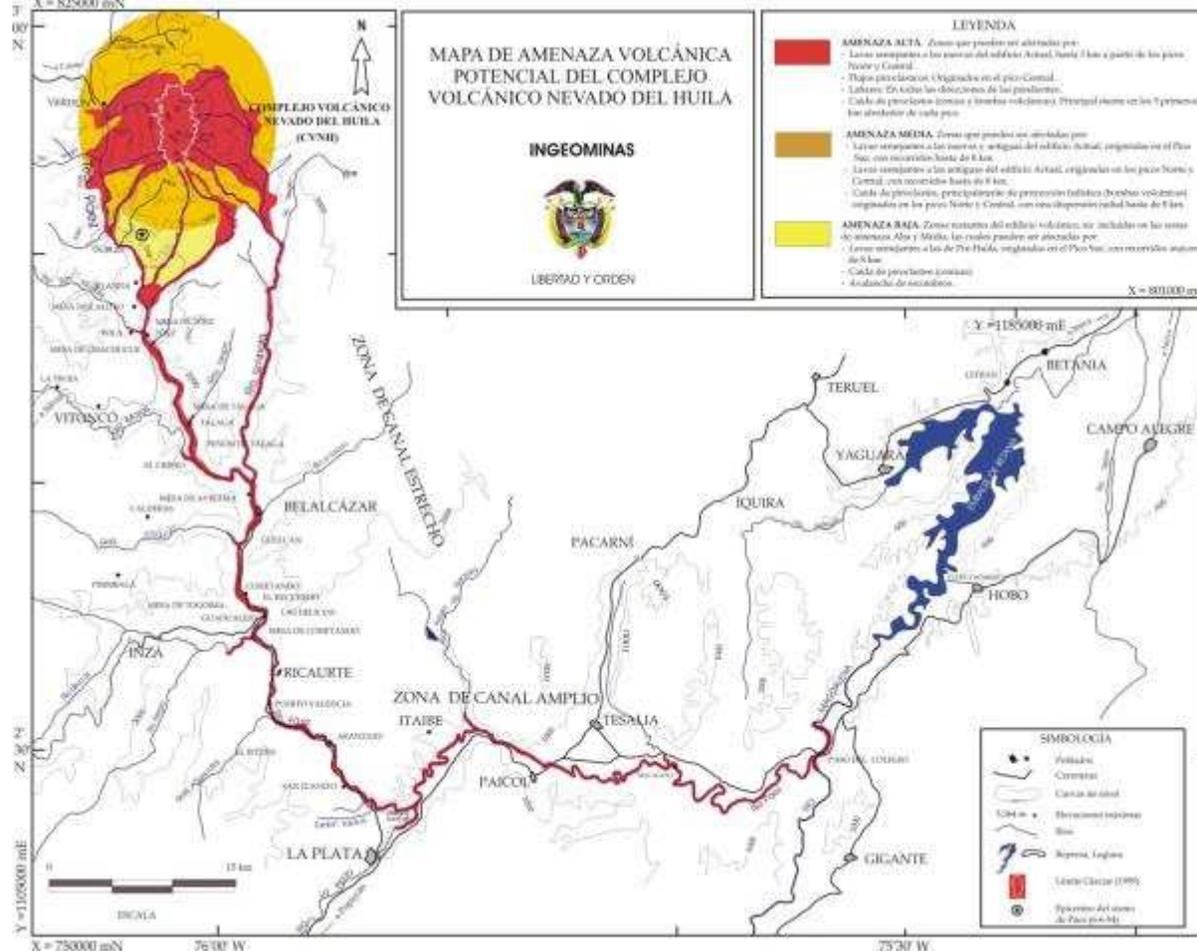
Laactividadvolcánicaporflujosdelavayflujosdelodo,puedeocasionarinundacionesdebidoarep resamientodecorrientesdeagua,tantoenlaspartesaltascomoenlasbajasdeláreadeinfluenciad elvolcán, lasmayoresinundacionesasociadas,quepuedanafectarlasAllyAIDdelalíneadetransmisióna2 30kV,sonenlosríosPáezyMagdalenaconunaumentodecaudalesenlahidroeléctricadeBetania ,localizadaenlaconfluenciadelosríosYaguaráyMagdalena,aunos30kmdeNeiva.

Encasodeunahipotéticaerupciónquegenereinundaciones,lahidroeléctricaservirádeamortig uador,porquese puedenaminorar yregularloscaudales;conunbuenmonitoreodelvolcánydeca udalesdelríoPáez,lahidroeléctricadeBetaniaesunaayudaparaminimizarlosdañosquepuedan presentarse.

### **Emisióndegases**

Laactividadexplosivadeunvolcán,estádirectamentereacionadaconelcontenidodegasesenel magma.Conocidaslascaracterísticasnoexplosivasquepresenta elvolcánNevadodelHuila,seesperaque noseamuygrande elvolumendegasesemitidosduranteunaerupción,porloquesecon sideramuybajoriesgoporestetipodefénomeno.

**Figura 48 Mapa de Amenaza Volcánica Volcán Nevado del Huila**



Fuente: [http://www.ingeminas.gov.co/getattachment/Popayan/Volcanes/Nevado-del-huila/Mapa-de-Amenaza\\_huila\\_300\\_dpi.jpg.aspx](http://www.ingeminas.gov.co/getattachment/Popayan/Volcanes/Nevado-del-huila/Mapa-de-Amenaza_huila_300_dpi.jpg.aspx)

### 3.2.2.8 Amenaza por factores meteorológicos

Las variables meteorológicas de importancia, asociadas a la caracterización climática y que incid en en fenómenos de remoción en masa, inundaciones, licuación y avenidas torrenciales, fueron incluidas en la metodología de evaluación de amenaza de cada uno de estos fenómenos; por lo tanto no es viable su evaluación independiente.

Sin embargo, una variable meteorológica de importancia para las líneas de transmisión, corresponde al nivel cerámico, el cual se tiene en cuenta en el diseño de la puesta a tierra de las torres y el ap antallamiento (cable de guarda), con el fin de reducir esteries y goe incluso eliminarlo en su totalidad.

Desde el componente técnico, los principales factores meteorológicos evaluados para el diseño mecánico y estructural de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV, son el viento y la temperatura ambiente, ya que determinan la carga sobre las estructuras y sobre los conductores, fijando finalmente el nivel de resistencia mecánica de las estructuras y sobre los conductores, fijando el nivel de resistencia mecánica de las estructuras.

Adicionalmente, la densidad de descargas eléctricas a tierra y la humedad del aire son los factores determinantes en el nivel de aislamiento y por tanto definición de distancias de seguridad de la línea.

- **Velocidad de viento**

Un diseño determinístico de estructuras para líneas de transmisión se fundamenta en el pleno conocimiento de las cargas que actúan sobre dichas estructuras y su resistencia a los esfuerzos. Sin embargo, algunas cargas que actúan sobre una estructura no son fácilmente determinables, por ejemplo el viento es variable a lo largo del tiempo, de manera que lograr un diseño determinístico confiable, obliga a utilizar cargas máximas, lo cual conlleva a sobredimensionamiento de los diseños.

De otro lado, un diseño probabilístico se basa en el comportamiento aleatorio de las cargas y de la capacidad de resistencia de las estructuras, y mediante el estudio de tales variables permite predecir con mayor certeza el comportamiento de la línea ante las cargas actuantes.

La velocidad del viento es una variable aleatoria que se obtiene a partir de registros multianuales de velocidades máximas y promedios del viento. La velocidad del viento, siendo una variable aleatoria, se puede describir mediante funciones probabilísticas basadas en el concepto de Periodo de Retorno. La velocidad de diseño obtenida para un periodo de retorno determinado, es tal que la probabilidad de que ocurran vientos con velocidad igual o superior a esta es el inverso de este tiempo. Así por ejemplo, para un periodo de retorno de 50 años la velocidad del viento tiene una probabilidad de 0.02 de ser igual o superior a la obtenida, en un periodo de un año.

Las distribuciones de probabilidad que describen en mejor forma el comportamiento estadístico de las velocidades máximas del viento son las denominadas "Distribuciones de Valores Extremos", entre las cuales la que mejor se ajusta a los registros es la tipo Gumbel, tal como se presenta en el documento de información meteorológica del proyecto de Normalización de estructuras a 230 kV del

ecircuito<sup>104</sup>, y basados también en la guía para el diseño mecánico de líneas de transmisión de la ASCE<sup>105</sup> (Numeral 1.2.1 y Apéndice C).

Las velocidades de viento que se recogen en las diferentes estaciones meteorológicas del país son las del viento máximo, definido como la velocidad de viento integrada en un periodo de tiempo de 3 segundos, medida a 10 m de altura sobre el terreno y en un área abierta y con pocos obstáculos.

A partir de los registros de velocidad se definen las velocidades de diseño:

- Velocidad máxima de diseño con un periodo de retorno de 50 años.
- Velocidad máxima promedio (o velocidad promedio): valor medio de la distribución de velocidades máximas anuales o mensuales.

La información de vientos se obtuvo de registros históricos de estaciones meteorológicas del IDEAM, y de información con que cuenta Consultoría Colombiana S.A., del proyecto de Normalización de Estructuras Metálicas para Línea a 230 kV Doble Circuito del SA, referente a los parámetros meteorológicos del área de influencia del Proyecto.

Para la línea Tesalia-Alfárez 230 kV los parámetros de velocidad de vientos son:

- Velocidad de viento máxima (R=50 años)=100 km/h
- Velocidad de viento máxima Promedio=60 km/h

Se tiene entonces que la velocidad máxima de viento con un periodo de retorno de 50 años es de 100 km/h. En otras palabras, la probabilidad que se tenga un viento superior al de diseño de 100 km/h es del 2% anual. Bajo estas probabilidades se realizó el diseño estructural obteniéndose diseños más ajustados a la realidad y no sobredimensionados. No obstante, como todo diseño probabilístico, existe el riesgo que se presenten velocidades superiores al de diseño, que ocurran vientos extremos o tornados que podrán producir la falla estructural de la línea. Es de aclarar, sin embargo, que este diseño probabilístico ha sido ampliamente utilizado en la implementación de las líneas del Sistema Interconectado Nacional.

#### • Densidad de descargas atmosféricas a tierra

Para el estudio de aislamiento los parámetros más importantes en la definición de una descarga atmosférica son la densidad de descargas a tierra (rayos/km<sup>2</sup>-año) y las características del rayo; se obtuvo a partir de registros de las redes de localización de rayos de 2.009 a 2.012 de Keraunos S.A.S.<sup>106</sup>, empresa especialista que posee registros de la WLLN (World Wide Lightning Location Network, que es una red global con 60 sensores que operan en VLF (

104 Interconexión Eléctrica S.A. - Información meteorológica básica para diseño de líneas de transmisión. Documento NE-86-02. Febrero de 1987.

105 Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading – ASCE (American Society of Civil Engineers). First edition, 1984.

106 Densidad de descargas a tierra – DDT para los trazados alternativos de la red de 230 kV entre Tesalia y Alfárez, Keraunos S.A.S., julio de 2012

Very Low Frequency), distribuidos por todo el planeta y administrados por la Universidad de Washington), y registros de la red LINET con sensores en Colombia.

A partir del análisis del número de descargas atmosféricas a tierra se encontró un comportamiento similar entre rangos altitudinales, así:

**Tabla 26 Descargas atmosféricas por rangos altitudinales**

Rango altitudinal (msnm)	DDT (rayos/km <sup>2</sup> -año)
0-1.500	17.36
1.500-2.500	12.40
2.500-4.000	6.20

Fuente: Alférez, Keraunos S.A.S., julio de 2012

Los demás parámetros para el estudio de la aislación antes de descargas atmosféricas, como la amplitud de la corriente del rayo, forma de onda, polaridad, tasa de crecimiento, ángulo de incidencia son también aleatorios y se presentan en la literatura técnica como distribuciones probabilísticas obtenidas a partir de registros realizados en el mundo.

Considerando esta condición aleatoria del comportamiento de las descargas atmosféricas, el diseño de la aislación es probabilístico, ya un cuando la línea se diseñó para cumplir los límites establecidos por el RETIE y el Código de Redes de máximo tres (3) salidas por cada 100 km de línea/año de descargas atmosféricas, eventualmente se podrá llegar a superar los niveles de diseño ocasionando mayor número de salidas de la línea. No obstante, y al igual que para el caso de diseño, este tipo de diseño probabilístico ha sido utilizado en la implementación de las líneas del Sistema Interconectado Nacional.

Es importante resaltar que junto con el diseño de aislamientos se diseñó el sistema de puesta a tierra cuyo objetivo, bajo los criterios establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

RETIE y las normas nacionales e internacionales, es obtener montajes seguros para las personas y confiables para los equipos y el desempeño de la infraestructura eléctrica.

Tal como lo define el numeral 2.10 del Código de Redes –

Resolución 098 de 2000, el sistema de puesta a tierra de cada estructura se diseñará según las condiciones específicas de la línea y del sitio de la estructura, buscando, además de la coordinación con la aislación antes de descargas atmosféricas, preservar la seguridad de las personas, con base en la norma ANSI/IEEE 80 –

2000, IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding to mandarlo como el máximo de puesta a tierra en cada estructura  $20\Omega$ , que es el definido por el RETIE en el numeral 4.

Básicamente el sistema de puesta a tierra busca que la descarga vaya directamente a tierra y no afecte a las personas ni a la infraestructura existente.

En general el sistema de puesta a tierra está compuesto de varillas conectadas a la estructura e hincadas a una profundidad de aproximadamente 1.8m, donde el número, disposición y longitud de las varillas dependen de la conductividad del terreno donde está localizada la torre. Sin embargo, la práctica utilizada es colocar cuatro varillas siempre en cada torre.

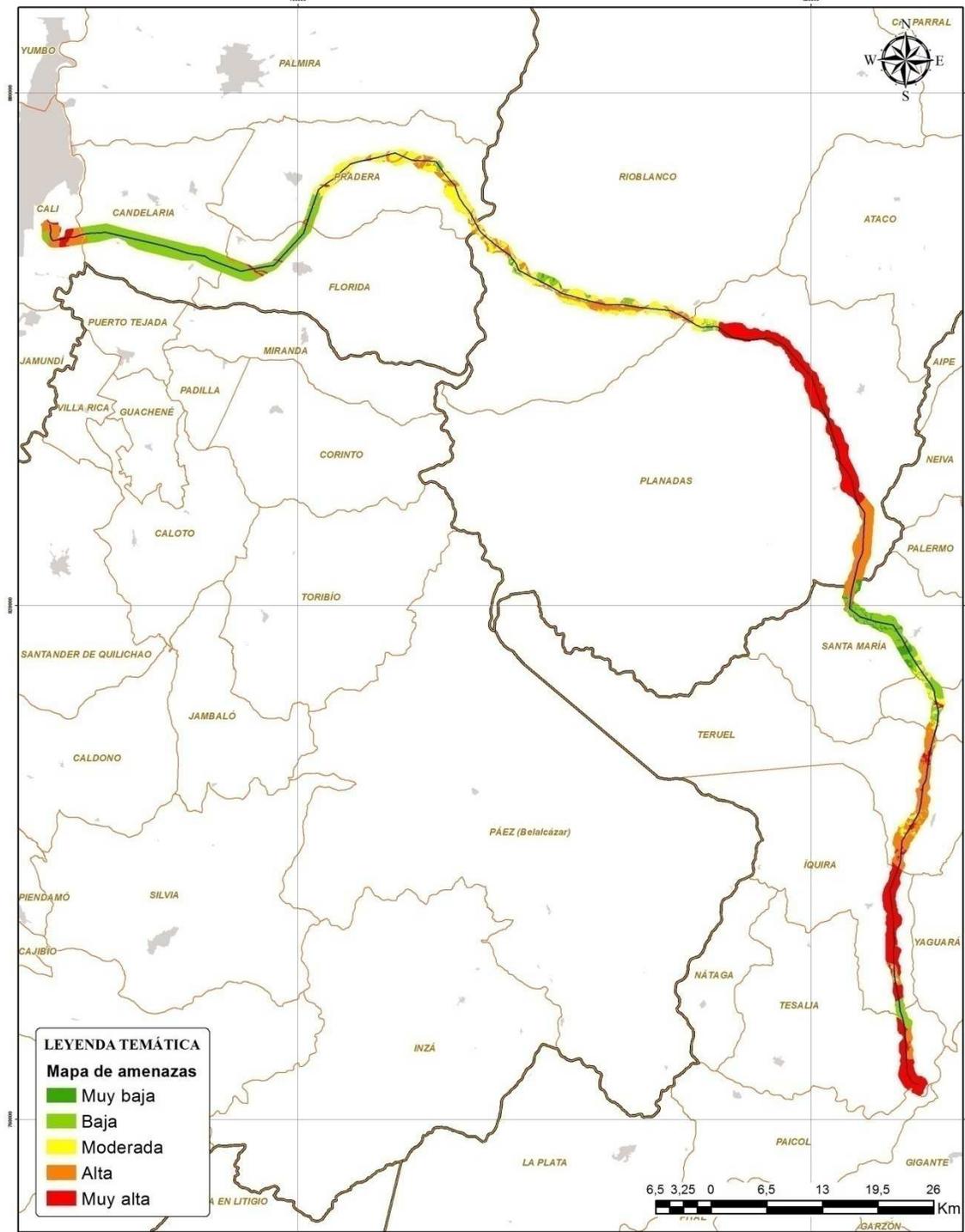
En sitios en que la resistividad del terreno sea muy alta, es necesario utilizar cables enterrados horizontales llamados contrapesos para alcanzar el valor de resistencia de pie de torre establecido, siempre teniendo en cuenta la posibilidad constructiva de hacerlo considerando las características particulares del sitio.

### **3.2.2.9 MapadeamenazasnaturaleseneláreadeinfluenciadelProyecto**

De la superposición de los diferentes tipos de amenazas evaluados en este capítulo, se obtuvo el Mapa de Amenazas Naturales (Figura 49).

En este análisis no se tuvo en cuenta la amenaza sísmica por ser una constante en el área de influencia del Proyecto; la amenaza sísmica es de grado alto tanto en el área de influencia directa (AID) como en el área de influencia indirecta (AII) del Proyecto. Tampoco se tuvo en cuenta la amenaza por factores meteorológicos, puesto que está considerada en el diseño de la línea.

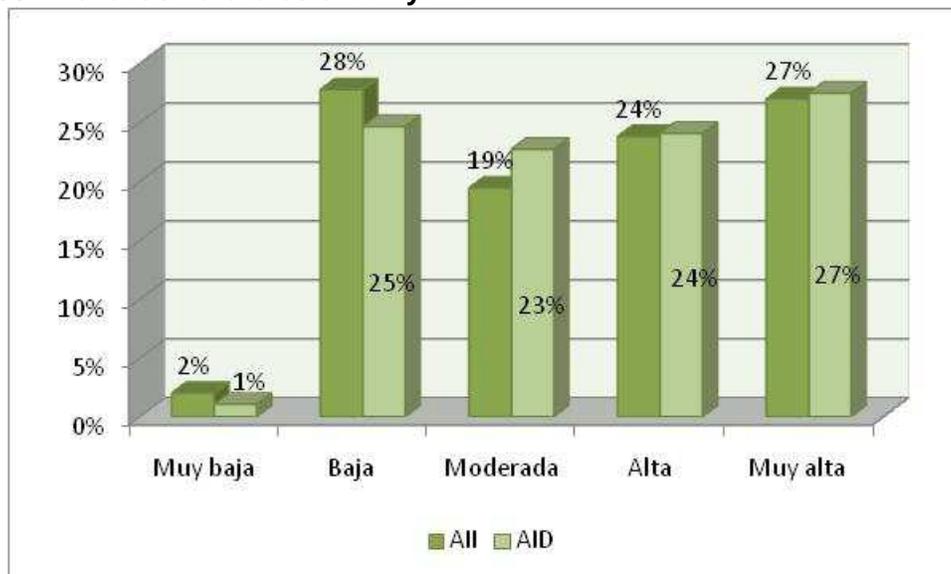
**Figura 49 Mapa de Amenazas Naturales en el área de influencia del Proyecto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Figura 50 muestra que del AII y AID el 51% (15.367 ha) el AII y el 52% (374 ha) se ubican en terrenos de amenaza alta y muy alta; el 30% (8.405 ha) del AII y 26% (187 ha) del AID, se ubican en terrenos de amenaza Baja y Muy Baja y el 19% (5.877 ha) del AII y 23% (165 ha) del AID, se ubican áreas de amenaza Moderada.

**Figura 50 Amenazas naturales en AII y AID**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Tabla

27 muestra el grado de amenazas naturales que afectan a los sitios de torre programados para la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV, las medidas de manejo contempladas para las zonas más críticas, según las evaluaciones de sitio de torre realizadas, se presentan en el Capítulo 7 Plan de Manejo ambiental.

**Tabla 27 Amenazas naturales por sitios de torre**

Torre	Vértice	Este	Norte	Amenaza
T1ALF1	T1ALF1=T3BT	832654,55	764042,194	Muyalta
T1	VTATP000	832488,773	764101,216	Muyalta
T2	VTATP001	832187,23	764086,88	Muyalta
T3N	VTATP002	831649,001	764468,998	Muyalta
T4N		831584,923	764596,62	Muyalta
T5	VTATP003	831217,9	765327,6	Muyalta
T6		831145,185	766292,956	Muyalta
T7		831134,218	766438,699	Muyalta
T8	VTATP003A	831105,47	766820,445	Muyalta
T9		831102,303	767182,334	Muyalta
T10	VTATP004	831099,623	767490,776	Muyalta
T11		831084,35	767726,571	Muyalta
T12		831070,259	767944,131	Muyalta
T13		831053,31	768205,819	Muyalta
T14		831023,803	768661,549	Muyalta

Torre	Vértice	Este	Norte	Amenaza
T15		830979,682	769342,657	Muyalta
T16		830946,117	769861,123	Muyalta
T17	VTATP005	830907,84	770452,16	Muyalta
T18		830799,682	771005,762	Muyalta
T19		830721,399	771406,402	Baja
T20	VTATP005V	830637,439	771836,079	Baja
T21	VTATP005V1	830388,374	772673,299	Baja
T22		830348,553	773022,223	Baja
T23	VTATP006	830237,056	773999,319	Muyalta
T24		830148,119	774442,979	Muyalta
T25		830021,521	775074,591	Muyalta
T26		829916,915	775596,449	Muyalta
T27		829873,481	775813,074	Muyalta
T28	VTATP007	829715,522	776601,085	Alta
T29N		829694,201	777030,997	Alta
T30		829672,339	777471,924	Alta
T31		829643,697	778049,261	Alta
T32		829605,264	778824,179	Muyalta
T33	VTATP008	829587,157	779189,378	Muyalta
T34		829608,946	779456,824	Muyalta
T35		829637,031	779801,295	Muyalta
T36	VTATP009	829685,488	780395,71	Muyalta
T37		829669,213	780779,73	Muyalta
T38		829657,346	781059,202	Muyalta
T39		829637,444	781528,242	Muyalta
T40		829604,263	782309,962	Muyalta
T41	VTATP011	829570,23	783112,252	Muyalta
T42		829506,892	783673,16	Muyalta
T43		829428,773	784364,905	Muyalta
T44		829369,83	784886,902	Muyalta
T45		829328,321	785254,543	Muyalta
T46		829275,969	785718,168	Muyalta
T47		829206,584	786332,59	Muyalta
T48	VTATP012	829165,585	786695,683	Muyalta
T49N		829343,512	787151,309	Muyalta
T50		829544,488	787665,966	Muyalta
T51		829706,111	788079,866	Muyalta
T52		829972,381	788761,73	Muyalta
T53		830157,917	789236,887	Muyalta
T54		830271,812	789528,521	Alta
T55	VTATP012A	830427,038	789926,022	Alta
T56		830446,313	790224,167	Alta
T57N		830466,093	790530,255	Muyalta
T58		830506,674	791157,747	Alta
T59		830553,046	791875,16	Alta
T60	VTATP013	830594,513	792516,595	Alta
T61		830800,997	792857,501	Alta
T62		831219,528	793548,533	Alta

Torre	Vértice	Este	Norte	Amenaza
T63N		831704,495	794349,273	Alta
T64N		831861,962	794609,231	Muyalta
T65N	VTATP013AV	831963,867	794777,508	Alta
T66N		832211,431	795204,187	Alta
T67N	VTATP014ANV	832575,601	795831,836	Alta
T68		832697,299	796362,575	Alta
T69	VTATP014BV	832819,504	796895,495	Alta
T70		832949,07	798004,903	Alta
T71		833030,216	798699,599	Alta
T72	VTATP015NV	833061,5	798967,501	Alta
T73		833218,207	799281,368	Alta
T74	VTATP015A	833406,36	799658,226	Alta
T75		833466,379	800111,322	Alta
T76		833522,712	800536,591	Alta
T77		833562,51	800837,036	Alta
T78	VTATP015AV	833669,205	801642,5	Muyalta
T79		833725,389	802113,159	Muyalta
T80	VTATP015BN	833819,496	802901,492	Alta
T81	VTATP015CN	834187,516	804304,509	Alta
T82		834455,722	805252,842	Alta
T83		834555,203	805604,558	Moderada
T84	VTATP015EN	834695,817	806101,735	Moderada
T85		834757,666	806855,004	Baja
T86	VTATP016N	834828,666	807719,549	Baja
T87		834714,296	808201,668	Moderada
T88	VTATP016AN	834433,958	809383,565	Moderada
T89		834411,78	809586,412	Baja
T90		834373,001	809941,012	Baja
T91	VTATP016BN	834352,49	810128,502	Baja
T92		834265,107	810282,298	Baja
T93	VTATP017N	833980,354	810783,479	Baja
T94N		833323,116	811727,174	Baja
T95N		833215,136	811882,205	Moderada
T96_ Teorica	VTATP017BN	832560,022	812822,848	Moderada
T97		832201,34	813349,355	Baja
T98		831817,164	813913,296	Baja
T99	VTATP017CN	831604,874	814224,908	Baja
T100	VTATP017DN	831247,305	814981,567	Muybaja
T101		830587,303	816120,843	Baja
T102	VTATP018A	830506,201	816260,873	Baja
T103		830428,383	816382,614	Baja
T104N		830217,82	816712,073	Baja
T105	VTATP019N	829548,003	817760,066	Baja
T106		829189,054	817824,812	Baja
T107	VTATP019N1	828293,708	817986,28	Baja
T108	VTATP019N2N	827431,5	818163,5	Baja
T109		827182,864	818240,975	Baja
T110		826697,429	818392,236	Baja

Torre	Vértice	Este	Norte	Amenaza
T111		826345,52	818501,891	Baja
T112	VTATP019A	825659,133	818715,776	Baja
T113		825449,266	818895,256	Baja
T114	VTATP019AA	825311,588	819013,003	Baja
T115		824773,816	819438,476	Muybaja
T116		824559,747	819607,84	Baja
T117	VTATP019B	824462,112	819685,081	Baja
T118		824481,255	819898,501	Muybaja
T119		824543,565	820593,411	Alta
T120		824583,78	821041,916	Baja
T121	VTATP020N	824616,759	821409,681	Alta
T122		824722,89	821854,408	Alta
T123		824791,698	822142,727	Alta
T124		824886,579	822540,362	Alta
T125		824966,374	822874,737	Alta
T126		825091,705	823399,852	Alta
T127		825226,406	823964,342	Alta
T128		825278,347	824182,049	Alta
T129		825408,623	824727,854	Alta
T130	VTATP021	825474,45	825003,774	Alta
T131		825652,324	825420,794	Alta
T132		825876,649	825946,735	Alta
T133	VTATP022N	825968,223	826161,44	Alta
T134		825989,129	826524,321	Alta
T135		826010,984	826903,782	Alta
T136		826031,416	827258,817	Alta
T137		826056,417	827692,483	Alta
T138		826077,894	828065,334	Alta
T139		826100,479	828457,611	Alta
T140		826133,135	829025,044	Alta
T141		826158,524	829465,614	Alta
T142		826188,034	829977,848	Alta
T143		826224,546	830611,726	Alta
T144	VTATP023N	826236,066	830811,978	Alta
T145		826157,481	830937,616	Alta
T146		825619,507	831797,641	Alta
T147	VTATP024N	825257,064	832377,071	Muyalta
T148		824854,175	834118,773	Muyalta
T149	VTATP025N	824772,392	834472,405	Muyalta
T150		824602,395	834840,992	Muyalta
T151		824412,884	835251,912	Muyalta
T152	VTATP025A	824308,831	835477,509	Muyalta
T153		824164,609	835668,238	Muyalta
T154	VTATP026N	823326,5	836776,695	Muyalta
T155		823206,953	837684,421	Muyalta
T156		823159,4	838045,358	Muyalta
T157	VTATP026A	823123,762	838315,901	Muyalta
T158		823018,704	838596,197	Muyalta

Torre	Vértice	Este	Norte	Amenaza
T159		822910,146	838885,823	Muyalta
T160		822740,854	839337,572	Muyalta
T161		822667,729	839532,658	Muyalta
T162	VTATP026B	822588,568	839743,856	Muyalta
T163		822384,579	840434,161	Muyalta
T164		822150,685	841225,618	Muyalta
T165		822098,407	841402,505	Muyalta
T166	VTATP027N	822057,649	841540,487	Muyalta
T167		821870,672	841938,925	Muyalta
T168	VTATP028N	821187,089	843395,629	Muyalta
T169		820927,743	844182,709	Muyalta
T170		820734,911	844767,968	Muyalta
T171		820538,811	845363,098	Muyalta
T172		820496,045	845492,892	Muyalta
T173		820275,882	846161,087	Muyalta
T174		820129,432	846605,554	Muyalta
T175	VTATP030	820037,212	846885,453	Muyalta
T176		819853,389	847097,561	Muyalta
T177		819665,59	847314,27	Muyalta
T178		818967,522	848119,756	Muyalta
T179		818507,458	848650,616	Muyalta
T180		818160,202	849051,288	Muyalta
T181		817989,931	849247,758	Muyalta
T182		817544,583	849761,637	Muyalta
T183		817047,837	850334,861	Muyalta
T184		816935,044	850465,023	Muyalta
T185	VTATP031N	816796,187	850625,221	Muyalta
T187	VTATP031A	815666,949	851138,641	Muyalta
T188		815346,201	851319,239	Muyalta
T189	VTATP032	815253,559	851371,391	Muyalta
T190		814800,301	851324,752	Muyalta
T191		814331,615	851276,526	Muyalta
T192		812995,755	851139,075	Muyalta
T193	VTATP032AN	812762,207	851115,036	Muyalta
T194		812197,114	851200,619	Muyalta
T195		811867,863	851250,471	Muyalta
T196	VTATP032BN	810777,768	851415,569	Muyalta
T197		810558,837	851577,406	Muyalta
T198		810002,025	851989,018	Muyalta
T199		809648,536	852250,325	Muyalta
T200		809377,353	852450,787	Muyalta
T201	VTATP033	808974,35	852748,696	Moderada
T202		808709,301	852733,232	Baja
T203		808259,42	852706,94	Baja
T204	VTAPF034N	807107,991	852639,784	Moderada
T205	VTATP034A	806543,27	852924,186	Moderada
T206		806242,657	853102,606	Moderada
T207N	VTATP035N	805085,384	853789,379	Alta

Torre	Vértice	Este	Norte	Amenaza
T208N		804058,89	854328,063	Alta
T209N		803830,158	854448,096	Alta
T210N	VTAPF036N	803622,768	854556,918	Moderada
T211		802550,859	854673,819	Moderada
T212		802139,852	854718,633	Moderada
T213		801431,058	854795,934	Moderada
T214		801191,12	854822,094	Moderada
T215	VTAPF036A	799932,838	854959,316	Alta
T216		799706,475	854996,364	Alta
T217		799164,854	855085,075	Alta
T218		798487,57	855195,979	Alta
T219	VTAPF036B	798024,335	855271,827	Alta
T220		797828,03	855270,884	Moderada
T221		797096,831	855267,321	Moderada
T222		796668,897	855265,245	Moderada
T223		796244,037	855263,183	Alta
T224	VTAPF037N	795978,991	855261,901	Alta
T225		795882,777	855283,757	Alta
T226		795272,135	855422,468	Alta
T227	VTAPF037A	794973,29	855490,36	Alta
T228		794891,561	855511,184	Alta
T229		794584,511	855589,426	Alta
T230	VTAPF037B	793999,91	855738,39	Alta
T231		793859,602	855776,521	Moderada
T232		793335,112	855919,049	Moderada
T233		792977,222	856016,305	Moderada
T234	VTAPF037C	792782,262	856069,283	Alta
T235		792399,716	856170,732	Moderada
T236		791946,681	856290,866	Moderada
T237		791677,5	856362,255	Moderada
T238		791387,005	856439,299	Alta
T239	VTAPF037D	791146,782	856503,051	Alta
T240	VTAPF038N1	790898,05	856568,967	Moderada
T241		790607,861	856745,71	Moderada
T242		790272,661	856949,715	Moderada
T243	VTAPF038N2	789527,318	857403,792	Moderada
T244	VTAPF039N	789188,553	857572,021	Alta
T245		788758,651	857785,496	Moderada
T246		787933,775	858195,143	Moderada
T247	VTAPF039N1	787008,07	858654,858	Moderada
T248		785988,483	859181,729	Baja
T249	VTAPF039A	785779,749	859279,652	Moderada
T250		785723,791	859451,066	Moderada
T260	V39AA	785551,741	859978,088	Moderada
T261	V39AA1	785054,389	860699,805	Baja
T262	VTAPF039AA2	784779,62	860997,826	Alta
T263	R1	784711,157	861082,417	Alta
T264-V2		784160,444	861484,366	Alta

Torre	Vértice	Este	Norte	Amenaza
T265-V2		783353,086	862073,633	Alta
T266-V2		783011,414	862323,01	Alta
T267-V2	R2	782.921,00	862.389,00	Moderada
T268-V2		782780,877	862509,892	Moderada
T269-V2		782323,558	862904,448	Moderada
T270-V2		781571,705	863553,114	Moderada
T271-V2		781363,673	863732,595	Moderada
T272-V2	R3	781.318,00	863.772,00	Moderada
T273-V2		781081,258	864212,31	Alta
T274-V2		781001,225	864361,16	Alta
T275-V2		780782,44	864768,071	Moderada
T276-V2		780309,352	865647,952	Alta
T277-V2		780214,64	865824,104	Moderada
T278-V2	R3A	780.112,00	866.015,00	Moderada
T279-V2		780068,628	866073,519	Alta
T280-V2		779693,247	866579,996	Moderada
T281-V2	R4	779597,975	866708,539	Moderada
T282-V2		779113,282	867362,502	Moderada
T283-V2		778.875,00	867.684,00	Moderada
T284-V2		778701,207	868166,48	Moderada
T285-V2		778366,785	869094,893	Alta
T286-V2	R5	778.321,00	869.222,00	Alta
T287-V2		777738,84	869882,038	Moderada
T288-V2	R6	777.110,00	870.595,00	Alta
T289-V2		776985,445	870776,757	Moderada
T290-V2		776420,159	871601,652	Baja
T291-V2		776239,268	871865,619	Moderada
T292-V2	R7V	776138,806	872012,218	Moderada
T293-V2		776018,711	872018,916	Moderada
T294-V2		775799,053	872031,166	Moderada
T295-V2		774802,601	872086,739	Alta
T296-V2		774611,785	872097,381	Alta
T297-V2		773617,443	872152,835	Alta
T298-V2		773377,815	872166,2	Moderada
T299-V2	R8V	773271,551	872172,126	Moderada
T300-V2		772922,34	872322,389	Moderada
T301-V2		772454,675	872523,622	Moderada
T302-V2		771463,306	872950,2	Moderada
T303-V2	R9V	771352,667	872997,807	Moderada
T304-V2		771216,51	872963,951	Moderada
T305-V2		770789,513	872857,776	Moderada
T306-V2		769760,837	872601,992	Moderada
T307-V2		769289,198	872484,717	Moderada
T308-V2		768778,742	872357,791	Moderada
T309-V2	R9VA	768.671,00	872.331,00	Moderada
T310-V2		768494,507	872295,76	Alta
T311-V2		767513,864	872099,956	Moderada
T312-V2	R10V	767.464,00	872.090,00	Moderada

Torre	Vértice	Este	Norte	Amenaza
T313-V2		767397,446	872071,223	Moderada
T314-V2		767103,905	871988,407	Moderada
T315-V2	R11V	766.149,00	871.719,00	Moderada
T316-V2		765890,019	871498,986	Moderada
T317-V2		765275,756	870977,147	Moderada
T318-V2		764817,495	870587,837	Moderada
T319-V2		764455,722	870280,498	Moderada
T320-V2	R12V	763.989,00	869.884,00	Moderada
T321-V2		763910,443	869827,791	Moderada
T322-V2		763372,068	869442,568	Moderada
T323-V2		762995,531	869173,145	Muyalta
T324-V2		762623,06	868906,632	Moderada
T325-V2	R13V	762.379,00	868.732,00	Moderada
T326-V2		762285,841	868458,535	Moderada
T327-V2		762156,533	868078,956	Baja
T328-V2		762008,845	867645,421	Baja
T329-V2		761858,073	867202,837	Baja
T330-V2		761709,598	866766,994	Baja
T331-V2		761598,67	866441,369	Baja
T332-V2		761473,126	866072,837	Baja
T333-V2		761339,732	865681,264	Baja
T334-V2		761184,627	865225,959	Muyalta
T335-V2		761021,749	864747,837	Baja
T336-V2		760859,935	864272,837	Baja
T337-V2		760720,601	863863,827	Baja
T338-V2	R14V	760.628,00	863.592,00	Baja
T339-V2		760463,55	863413,327	Baja
T340-V2		760173,702	863098,412	Baja
T343		752903,962	859340,122	Baja
T341-V2		759889,948	862790,118	Baja
T344		752463,463	859504,953	Baja
T342-V2		759594,005	862468,58	Baja
T345		752087,389	859645,683	Baja
T343-V2		759312,961	862163,229	Baja
T346		751667,416	859801,591	Baja
T344-V2		759059,49	861887,837	Baja
T347		751260,421	859953,885	Baja
T345-V2		758756,289	861558,415	Baja
T348		750899,116	860089,077	Baja
T346-V2		758442,738	861217,746	Baja
T349		750512,716	860233,668	Baja
T347-V2		758144,086	860893,265	Baja
T350		750095,037	860391,186	Baja
T351	VTAF A041E	749802,169	860500,775	Baja
T348-V2		757807,746	860527,837	Baja
T352		749558,914	860673,547	Baja
T353		749342,182	860827,478	Baja
T349-V2		757481,092	860172,932	Baja

Torre	Vértice	Este	Norte	Amenaza
T354	VTAF042N	749147,604	860965,676	Baja
T350-V2	R15	757.217,00	859.886,00	Baja
T355		748932,28	860994,94	Baja
T356		748597,255	861040,509	Baja
T351-V2		756822,133	859815,949	Baja
T357		748269,482	861085,064	Baja
T352-V2		756361,785	859734,282	Baja
T358		747964,126	861126,583	Baja
T359		747648,781	861169,47	Baja
T353-V2		755893,631	859651,23	Baja
T360	VTAF043NN	747317,499	861214,503	Baja
T354-V2		755422,979	859567,736	Baja
T361		746994,015	861317,643	Baja
T355-V2		754969,067	859487,21	Baja
T362		746632,321	861432,97	Baja
T356-V2		754534,847	859410,178	Alta
T363		746271,041	861548,172	Baja
T364		745912,428	861662,506	Baja
T357-V2		754087,826	859330,876	Baja
T365		745576,217	861769,711	Baja
T358-V2		753641,791	859251,748	Baja
T366		745188,237	861893,419	Baja
T359-V2=T342	R16	753.305,00	859.192,00	Baja
T367		744794,15	862019,067	Baja
T368	VTAF043AN	744492,032	862115,396	Baja
T369		744192,784	862186,162	Baja
T370		743811,869	862276,226	Baja
T371		743396,807	862374,373	Baja
T372		742949,884	862480,053	Baja
T373		742469,298	862593,692	Baja
T374		742046,639	862693,63	Baja
T375		741634,687	862791,045	Baja
T376		741271,269	862876,979	Baja
T377		740835,401	862980,049	Baja
T378		740386,326	863086,228	Baja
T379		739904,667	863200,119	Baja
T380		739537,628	863286,91	Baja
T381		739099,845	863390,435	Baja
T382		738684,817	863488,575	Baja
T383		738304,331	863578,54	Baja
T384		737941,487	863664,339	Baja
T385	VTAF045	737568,532	863752,524	Baja
T386		737141,967	863723,427	Baja
T387		736699,031	863693,229	Baja
T388		736257,418	863663,114	Baja
T389		735824,335	863633,571	Baja
T390	VTAF045AN	735360,253	863601,918	Baja
T391		734967,442	863518,443	Baja

<b>Torre</b>	<b>Vértice</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Amenaza</b>
T392	T392	734541,026	863427,821	Alta
T393N	T393	734110,289	863237,986	Alta
T394N	T394	733865,24	863197,287	Alta
T395	T395	733442,585	863194,382	Alta
T396		733166,885	863138,364	Muyalta
T397		732787,396	863061,264	Muyalta
T398		732346,432	862971,665	Muyalta
T399	T399	731871,746	862875,217	Alta
T400N	T400N	731410,469	862781,489	Alta
T401N		731316,864	862824,029	Alta
T402N	T402N	731227,83	862864,499	Alta
T404	VTAF A046A	731049,42	863330,939	Alta
T405		731075,919	863716,45	Alta
T406N	VTAF A046B	731096,991	864022,997	Alta
T407	T407	731035,996	864320,994	Alta
T408	VTAF A047	731007,133	864607,968	Alta

Fuente: Consultoría

Colombiana

S.A.,

2014

### **3.2.1 Geomorfología**

#### **3.2.1.1 Morfogénesis y morfografía**

Las áreas de influencia directa e indirecta del Estudio de Impacto Ambiental de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV, cubren un área de 822,65ha y 30.260 ha, respectivamente. A nivel regional se cruza por dos geoestructuras que corresponden a la Geoestructura Megacuena de sedimentación y la Cordillera Central.

La línea inicia su recorrido en la Subestación Tesalia 230 kV, en el departamento del Huila, sobre sedimentos aluviales que hacen parte de la Megacuena de sedimentación del valle Interandino del río Magdalena, con un cubrimiento en el área de influencia indirecta, de 111,3ha (0,37%).

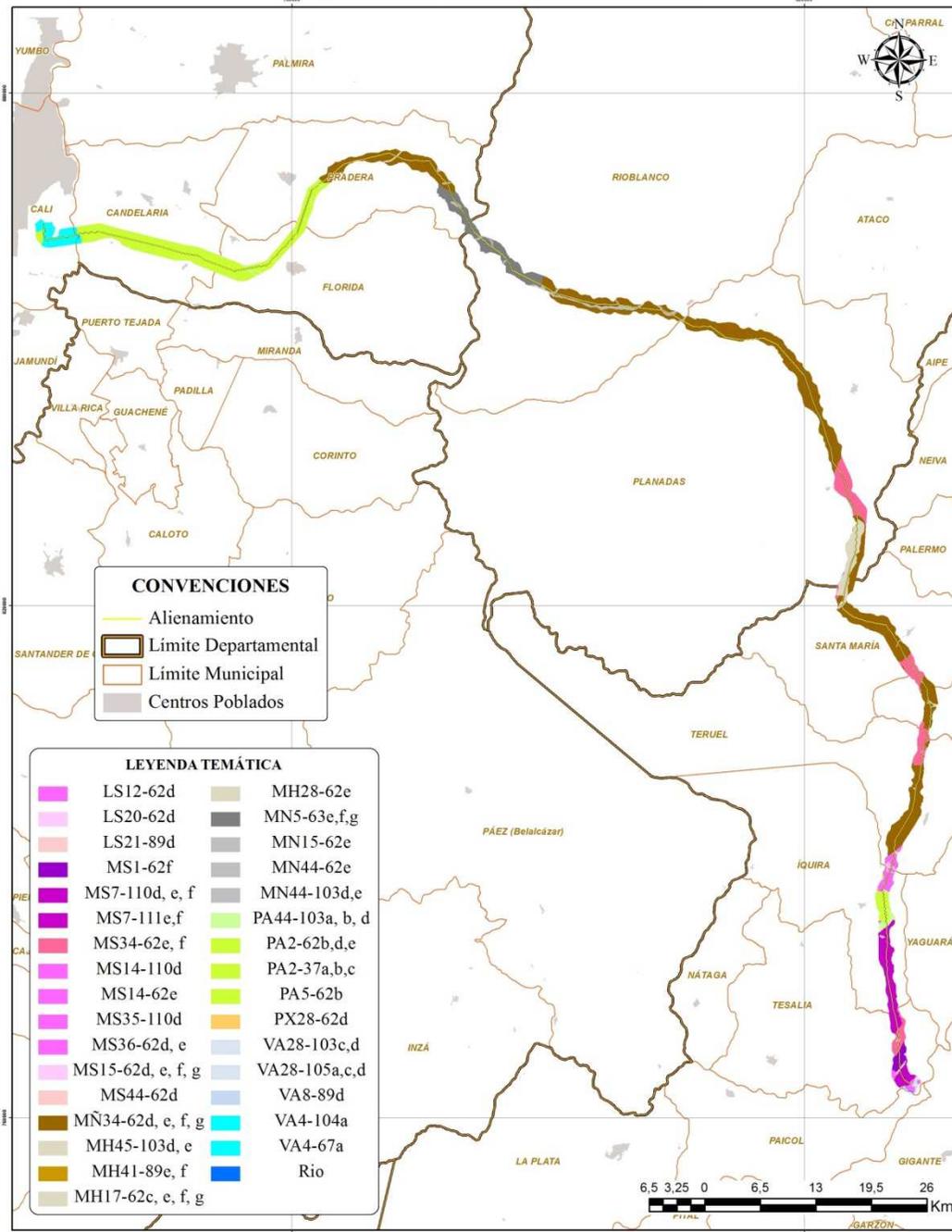
Posteriormente cruza la Cordillera, donde asciende por la vertiente oriental, en dirección N–NNW cruzando por el departamento de Huila, hasta llegar al eje de la Cordillera en el departamento de Tolima e inicia el descenso por la vertiente occidental de la misma, en el departamento de Valle del Cauca. Esta geoestructura es la que presenta mayor cubrimiento en el área de estudio con 29.118 ha (96,2%).

Finaliza su recorrido sobre depósitos aluviales que hacen parte de la Megacuena de sedimentación del Valle Interandino del río Cauca, con un cubrimiento de 1.002 ha (3,3%).

La clasificación geomorfológica aplicada obedece al sistema de clasificación de Alfred Zinck, ITC-CIAF-IGAC (1.989), cuyo resultado se esquematiza en la Figura 51 que contiene las unidades geomorfológicas que son cruzadas por la línea de transmisión en el recorrido descrito y en la leyenda Geomorfológica, de la Tabla 28.

A continuación se describen las características de las diferentes geoformas en el área de influencia indirecta de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV.

**Figura 51 Unidades Geomorfológicas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

**Tabla 28 Leyenda Geomorfológica Área de Influencia Indirecta**

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morfo de Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área	
										Ha	%
LS12-62d	Cordillera Central	Cordillera Central	Estructural	Lomas (L)	Estructural Erosional (S)	Lomas y colinas (12)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%); colinas con muy bajo a bajo índice de relieve, laderas moderadamente largas, rectas.	Se observa erosión en surcos a lo largo de los caminos existentes.	8,80	0,03%
LS20-62d						Cono de deyección (20)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%).	---	16,43	0,05%
LS21-89d						Terraza depositacional (21)	Plano de terraza (89)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%).	Los procesos erosivos están asociados al escarpe de terraza, con el desarrollo de cárcavas y surcos.	70,53	0,23%
MS1-62f	Cordillera, Orógeno	Cordillera Central	Estructural	Montañas (M)	Estructural Erosional (S)	Anticlinal (1)	Ladera (62)	Pendientes escarpadas (50-75%), cimas amplias, redondeadas, laderas convexas y moderadamente largas.	Tiene una capa vegetal muy delgada, y susceptible a deslizamientos superficiales y erosión en surcos.	309,35	1,02%
MS7-110d,e,f	Barras Homoclinales (7)					Ladera de buzamiento (110)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a muy escarpadas (>75%); bajo índice de relieve, laderas cortas, cimas agudas y angostas.	Son rocas sueltas, deleznales, de alta susceptibilidad a erosión en surcos y cárcavas.	776,79	2,57%	
MS7-111e,f						Ladera erosional (111)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a escarpadas (50-75%); bajo índice de relieve, laderas cortas,	Son rocas sueltas, deleznales, de alta susceptibilidad a erosión en surcos y cárcavas.	1.112,11	3,68%	

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb. Morfo de Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área	
										Ha	%
MS34-62e,f						Filas, vigas, crestas ramificadas (34)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a escarpadas (50-75%), alto índice de relieve, laderas largas, escalonadas.	Esta zona está afectada en alto grado por pisadas de ganado y desarrolla pequeños despegues del terreno.	2.567,22	8,48%
MS14-110d						Colinas (14)	Ladera de buzamiento (110)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve, laderas muy cortas.	Escasa cobertura vegetal, expuesta a erosión en eriales.	89,23	0,29%
MS14-62e					Ladera (62)		Pendientes fuertemente quebradas (25-50%), muy bajo índice de relieve, laderas muy cortas.	Escasa cobertura vegetal, expuesta a erosión en eriales.	19,79	0,07%	
MS35-110d						Lomas (35)	Ladera de buzamiento (110)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve, laderas muy cortas.	---	3,15	0,01%
MS36-62d,e						Lomas y colinas (36)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%), bajo índice de relieve, laderas cortas.	No se observan procesos erosivos significativos.	587,47	1,94%
MS15-62d,e,f,g						Coluvio (15)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) hasta escarpadas (>75%).	---	31,50	0,10%
MS44-						Vallecito	Ladera (62)	Pendientes	No se observan	40,81	0,13%

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morfo de Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área	
										Ha	%
62d						coluvio aluvial (44)		fuertemente inclinadas (12-25%), bajo índice de relieve, laderas moderadamente largas y cóncavas.	procesos erosivos significativos.		
MÑ34-62d,e,f,g			Denudacional	Montañas (M)	Fluvio-Erosional (Ñ)	Filas, vigas, crestas ramificadas (34)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%), escarpadas (50-75%), a muy escarpadas (75-70%); alto índice de relieve, laderas largas, escalonadas; cimas redondeadas, medianamente amplias.	Esta zona está afectada en alto grado por pisadas de ganado y desarrolla pequeños despegues del terreno.	13.048,73	43,12%
MH45-103d,e				Montañas (M)	Fluvio-Gravitacional (H)	Vega (45)	Vega (103)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%), bajo índice de relieve, laderas cortas, cimas redondeadas.	---	1.178,43	3,89%
MH41-89e,f				Montañas (M)	Fluvio-Gravitacional (H)	Terraza aluvial (41)	Plano de terraza (89)	Pendientes escarpadas (50-75%)	---	3,96	0,01%
MH17-62 c,e,f,g				Montañas (M)	Fluvio-Gravitacional (H)	Cono aluvial (17)	Ladera (62)	Pendientes inclinadas (7-12%) a fuertemente escarpada (>75%)	---	114,48	0,38%
MH28-62e				Montañas (M)	Fluvio-Gravitacional (H)	Cono de deyección (28)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%).	---	10,72	0,04%
MN5-63e,f,g						Fluvio-Glaci ar (N)	Cumbre de artesas,	Ladera de circo y artesa (63)	Pendientes muy escarpadas (75-	Afectación por terracetas, patas	2.074,94

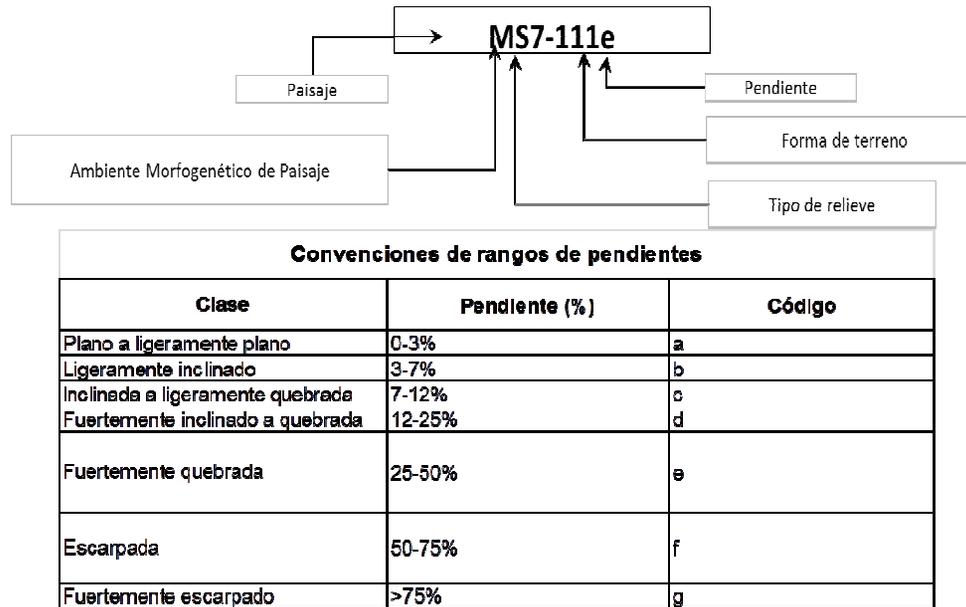
Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morfo de Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área	
										Ha	%
						cumbres andinas (5)		100% y >100%); índice de relieve alto a muy alto, laderas largas a muy largas.	de vaca y desprendimientos del terreno, en moderado grado de erosión.		
MN15-62e						Coluvio (15)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%).	---	149,87	0,50%
MN44-62e						Vallecito coluvio aluvial (44)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%)	---	27,27	0,09%
MN44-103d,e							Vega (103)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%).	---	496,18	1,64%
PA44-103a,b,d						Vega (44)	Vega (103)	Pendientes planas (0-1%) a fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve, formas rectilíneas.	---	328,81	1,09%
PA2-62b,d,e			Deposicional	Piedemonte (P)	Aluvial (A)	Abanico aluvial (2)	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%), muy bajo índice de relieve.	Únicamente se observan áreas inestables en taludes afectados por socavación de orillas, en márgenes de quebradas.	583,77	1,93%
PA2-37a,b,c							Cuerpo, parte media (37)	Pendientes planas (0-3%) a inclinadas (7-12%); muy bajo índice de relieve, laderas extremadamente largas, rectilíneas.	No se observan procesos erosivos significativos.	5.248,03	17,34%

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morfo de Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área	
										Ha	%
PA5-62b						Abanico aluvial reciente (5)	Ladera (62)	Pendientes ligeramente inclinadas (3-7%).	---	211,31	0,70%
PX28-62d					Coluvio aluvial (X)	Cono de deyección (28)	Ladera (62)	Pendientes principalmente fuertemente inclinadas (12-25%) y en menor proporción fuertemente quebradas (25-50%).	---	8,63	0,03%
VA28-103c,d	Megacuena de Sedimentación	Valle Interandino Magdalena	Deposicional	Valle (V)	Aluvial (A)	Vega (28)	Vega (103)	Pendientes inclinadas (3-7%) a fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve, formas rectilíneas.	No se observan procesos erosivos significativos.	93,32	0,31%
VA28-105a,c,d							Vega baja, playones, islotes (105)	Pendientes planas (0-3%) a fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve.	No se observan procesos erosivos significativos.	6,12	0,02%
VA8-89d							Terraza agradacional (8)	Plano de terraza (89)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve.	No se observan procesos erosivos significativos.	11,88
VA4-104a		Valle interandino Cauca - Patía	Deposicional	Valle (V)	Aluvial (A)	Plano de inundación (4)	Vega alta, sobre vega (104)	Pendientes planas a ligeramente planas (0-3%); muy bajo índice de relieve, laderas extremadamente largas, rectilíneas.	No se observan procesos erosivos significativos.	774,76	2,56%
VA4-67a							Meandro (67)	Pendientes planas a ligeramente planas (0-3%); muy bajo índice de relieve.	No se observan procesos erosivos significativos.	227,59	0,75%

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morfo de Paisaje	Tipo de Relieve	Forma de Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área	
										Ha	%
								laderas cóncavas, muy cortas.			

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Figura 52 Símbolo y convenciones de rangos de pendientes**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Megacuenca de sedimentación.**

La geoestructura Megacuenca de sedimentación tiene un cubrimiento en el área de influencia indirecta de 1.114 ha (3,7%); está conformada por dos provincias fisiográficas: Valle Interandino del Río Magdalena y Valle Interandino del río Cauca; el ambiente morfogenético que caracteriza estas provincias fisiográficas es depositacional.

### **Megacuenca de sedimentación Valle Interandino del Magdalena (VA)**

La megacuenca de sedimentación del Valle Interandino del Magdalena, se ubica en alrededores de la Subestación Tesalia 230 kV, con la presencia de geoformas asociadas a los depósitos aluviales del río Páez y cuerpos de agua intramontanos (Íquira, Yaguará, El Carmen), que hacen parte del Valle Superior del Magdalena. Esta geoforma tiene un cubrimiento de 113 ha (0,37%) del área de influencia indirecta del proyecto. El paisaje asociado a esta geoestructura es de Valle aluvial y el relieve es de vegas y terrazas agradacionales.

#### ***Paisaje de Valle Aluvial (VA28-103d; VA28-105a,c,d; VA8-89d)***

Este paisaje geomorfológico comprende relieves y formas del terreno de vega e islotes. Se desarrolla sobre depósitos cuaternarios no consolidados, de origen aluvial, que se caracterizan por un predominio de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), con muy bajo índice de relieve y formas rectilíneas (Foto 123).

#### **Foto 123 Vega del valle aluvial del río Páez**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Megacuenca de sedimentación Valle Interandino del Cauca (VA)**

La línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV transcurre por esta Provincia Fisiográfica aproximadamente a partir del cruce del río Cauca y comprende los sitios de torre 391 a 408 y el área donde se proyecta la construcción de la Subestación Alférez 230 kV. Esta geoforma tiene un cubrimiento de 1.002 ha (3,3%) del área de influencia indirecta del proyecto.

#### ***Paisaje de Valle Aluvial (VA4-104a; VA4-67a)***

El Valle Aluvial cuenta con relieves de vegas, y meandros. Se desarrollan sobre depósitos cuaternarios, no consolidados, de origen aluvial, que se caracterizan por un predominio de pendientes planas a ligeramente planas (0-3%), con muy bajo índice de

relieve y formas rectilíneas (Foto 124). No se identificaron procesos erosivos significativos.

#### Foto 124 Sobrevega del Valle Aluvial del río Cauca



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Geoestructura Orógeno – Cordillera Central**

El mayor porcentaje del recorrido de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV con un recorrido de 29.118,3 ha (96,23%); se realiza sobre la Geoestructura Cordillera Central, cruzando desde la vertiente oriental, hasta el eje cordillerano y descenso por la vertiente occidental. Los sitios de torre 2 a 391 se localizan sobre esta gran geoestructura morfológica.

En los terrenos cruzados, la Cordillera Central cuenta con ambientes morfogenéticos estructurales, denudacionales y depositacionales, asociados a las diferentes unidades litológicas que la conforman. La caracterizan también tres tipos de paisaje: montañas, lomas y piedemonte, cuyos ambientes morfogenéticos se describen a continuación.

#### **Paisaje de Lomas (L)**

El paisaje de Lomas identificado corresponde a un ambiente morfogenético Estructural-Erosional. Se ubica en la vertiente oriental de la Cordillera Central, con un cubrimiento en el All de 95,8 ha (0,23%). Se desarrolla principalmente en depósitos cuaternarios como terrazas pumíticas (Qtp) y depósitos coluviales (Qc), en alrededores del municipio de Iquira.

Esta unidad de paisaje comprende relieves de Lomas y colinas (LS12-62d), Cono de deyección (LS20-62d) y terraza depositacional de origen volcánico (LS21-89d).

#### **Lomas colinas (LS12-62d)**

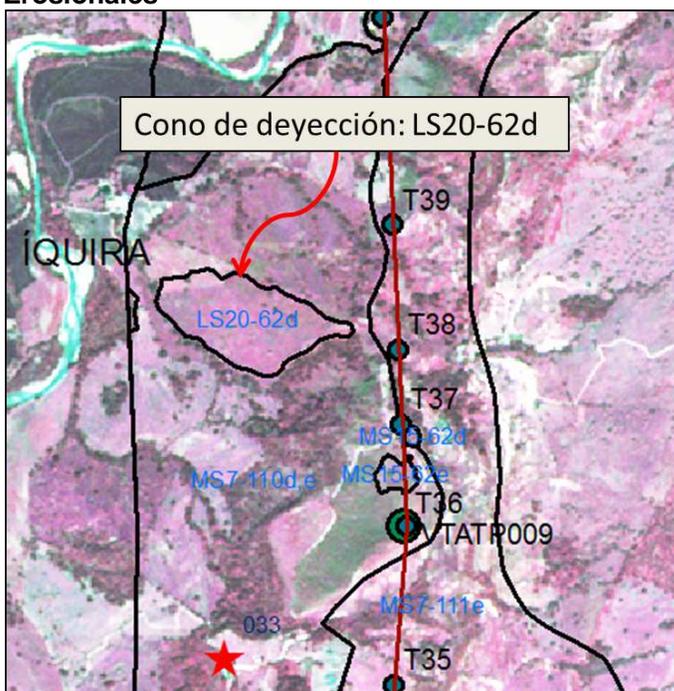
Esta unidad de relieve se localiza principalmente en rocas sedimentarias de la Formación Seca (KPGs), con predominio de estratos blandos; se identifica en el límite occidental del Allal occidente de los sitios de torre 41, con un cubrimiento de 8,8 ha (0,03%). Se caracteriza por pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), colinas con muy bajo a bajo

índice de relieve, laderas moderadamente largas y rectas; se observa erosión en surcos a lo largo de los caminos existentes.

### ***Cono de deyección (LS20-62d)***

Corresponde a una pequeña zona del territorio (16 ha) que se origina sobre rocas sedimentarias de la Formación Seca (KPGs), al occidente del sitio de torre 38, con pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), ver ubicación en la Figura 53.

**Figura 53 Ubicación cono de deyección (LS20-62d) en paisaje de Lomas Estructurales – Erosionales**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### ***Terraza depositacional (LS21-89d)***

Unidad geomorfológica de 71 ha, localizada al norte de Íquira, entre los sitios de torre T52 – T54; es una geoforma amplia, de origen volcánico, de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), ubicada a una altura aproximada de 80-100 m, con escarpes de pendientes fuertemente quebradas (25-50%), laderas moderadamente largas, Foto 125.

**Foto 125 Terraza depositacional de origen volcánico (LS21-89d) en paisaje de Lomas Estructurales – Erosionales**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Paisaje de Montañas**

El paisaje de montañas es dominante, con un cubrimiento de 22.642 ha (75,06%) del AII. Está asociado a diferentes ambientes morfogenéticos y tipos de relieve, como se detalla a continuación.

***Montañas Estructurales-Erosionales (MS)***

Comprenden un área de 5.537,4 ha (18,3%) del AII; se ubican principalmente en la vertiente oriental de la Cordillera, sobre rocas sedimentarias del Paleógeno y rocas volcánicas sedimentarias del Jurásico. Sobre esta unidad de paisaje se ubican los sitios de torre 2 – 40, 48 – 52 y 54 – 57N.

Los relieves asociados a este paisaje son Anticlinales (MS1-62f), Barras Homoclinales (MS7-110d,e,f; MS7-111e,f), Filas, vigas, crestas ramificadas (MS34-62e,f), Colinas (MS14-110d; MS14-62e), Lomas (MS35-110d), Lomas y colinas (MS36-62d,e), Coluvios (MS15-62d,e,f,g) y Vallecitos coluvio – aluviales (MS44-62d).

***Anticlinales (MS1-62f)***

En esta unidad de relieve se ubican los sitios de torre 6 -11, con un cubrimiento de 309ha (1,02%). Son montañas de relieve escarpado (50-75%), cimas amplias, redondeadas, laderas convexas y moderadamente largas (Foto 126). Se caracterizan por presentar una capa vegetal muy delgada, susceptible a deslizamientos superficiales y erosión en surcos.

### Foto 126 Montañas estructurales erosionales (MS1-62f)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Barras Homoclinales (MS7-110d,e,f; MS7-111e,f)

En esta unidad se ubican los sitios de torre 2 – 5 y 17 - 40. Comprenden una extensión de 1.889ha (6,24%) del AII, principalmente en los municipios de Tesalia e Íquira. Corresponde a laderas de buzamiento y laderas erosionales claramente definidas, de cimas agudas, angostas y pendientes variables entre fuertemente inclinadas (12-25%) hasta escarpadas (50-75%). De alta susceptibilidad a erosión en surcos y cárcavas. Las laderas presentan drenaje denso, muy disectado y subparalelo (Foto 127).

### Foto 127 Barras Homoclinales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

### Filas, vigas, crestas ramificadas (MS34-62e,f)

En esta unidad se ubican los sitios de torre 12-17, 78-82, 94N-98 y 143-153; tiene un cubrimiento de 2.567 ha (8,48%) del AII; además se identificaron hacia el norte de Santa María y sur de Planadas. Corresponde principalmente a rocas volcano sedimentarias de la Formación Saldaña (Js) y en menor proporción rocas sedimentarias de la formación Payandé (Trp).

Esta unidad de relieve es una zona de montañas, de pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a escarpadas (50-75%), alto índice de relieve, laderas largas, escalonadas. Son terrenos afectados en alto grado por pisadas de ganado y desarrollo de pequeños despegues del terreno, Foto 128.

### Foto 128 Relieve de Filas, vigas y crestas ramificadas en un paisaje de Montañas Estructurales – Erosionales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### Colinas (MS14-110d; MS14-62e)

Se identificaron en cercanías a la Subestación Tesalia 230 kV, en contacto con depósitos aluviales del río Páez; están conformadas por rocas sedimentarias de la Formación Honda (Ngh). Comprenden 109 ha (0,36%) del AII (Foto 129). En esta zona se diferenciaron laderas de buzamiento y laderas erosionales, de cimas agudas y angostas, drenaje poco denso, poco disectado y subparalelo; con muy bajo índice de relieve, longitud de laderas muy cortas y escarpadas (pendiente 5o-75%), con muy delgada cobertura vegetal. Predomina una alta exposición a erosión laminar y zonas erosionadas.

### Foto 129 Relieve de colinas en paisaje de Montañas Estructurales – Erosionales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### Lomas (MS35-110d) y Lomas y colinas (MS36-62d,e)

Este tipo de relieve de lomas se identifica al sur, al occidente del sitio de torre 5, en el norte de Íquira y sur de Teruel, con un cubrimiento de 591ha (1,95%) del AII; se desarrolla sobre rocas sedimentarias de las Formaciones Palermo (Pgp), Seca (KPGs) y Formaciones Hondita – Loma Gorda (Kh-KI).

Se caracteriza por pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%), bajo índice de relieve, laderas cortas; no se observaron procesos erosivos significativos.

**Foto130 Lomas y Colinas en paisaje de Montañas Estructurales – Erosionales (MS36-62e)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

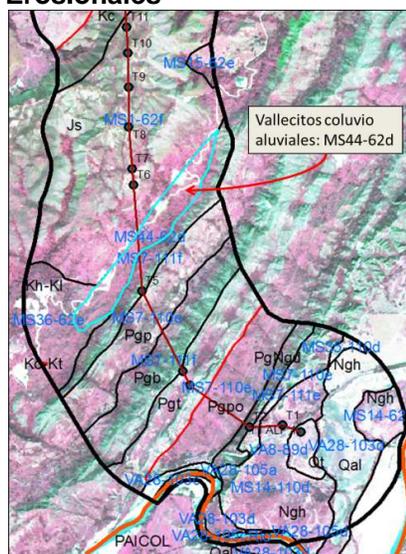
Coluvios (MS15-62d,e,f,g)

Representa pequeñas partes del terreno dispersas, se observan al oriente del sitio de torre 9, entre los sitios de torre 14 y 15, 36 y 37, alrededores del sitio de torre 49N y torre 80, y entre los sitios de torre 95N y 96\_teorica. Tienen un cubrimiento de 31,5 ha (0,01%) del All. Cuenta con pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%), no se observaron procesos erosivos significativos.

Vallecitos coluvio – aluviales (MS44-62d)

Se desarrollan sobre rocas sedimentarias y volcano sedimentarias, con predominio de estratos blandos; comprenden 40,8 ha (0,13%) del All y se ubica en el municipio de Tesalia, entre los sitios de torre 5 y 6. Conformado por pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), de bajo índice de relieve, laderas moderadamente largas y cóncavas. No se observaron procesos erosivos significativos (Figura 54).

**Figura 54 Ubicación de Vallecitos coluvio aluviales (MS44-62d) en paisaje de Montañas Estructurales – Erosionales**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Montañas fluvio Erosionales (MÑ)**

Son paisajes de ambiente morfogenético denudacional. Comprenden un área de 13.049 ha (43,12%) del All; se ubican principalmente en el eje de la Cordillera, en Teruel, Palermo, Santa María, Planadas, Rioblanco y Pradera. Se desarrolla sobre rocas intrusivas, metamórficas, lavas basálticas. Sobre esta unidad de paisaje se ubican T58-T77, T83-T93, T98-T118, T120, T154-T206, T207N, T209N-T214, T219-T242, y T285-V2-T321-V2

Esta unidad de paisaje comprende un relieve de Filas, vigas y crestas ramificadas (MÑ34-62d,e,f,g) con pendientes entre fuertemente quebradas (25-50%) hasta fuertemente escarpadas (>75%); alto índice de relieve, laderas largas, escalonadas; cimas redondeadas, medianamente amplias, afectadas en alto grado por pisadas de ganado, con desarrollo de pequeños despegues del terreno (Foto 131).

#### **Foto 131 Filas, vigas y crestas ramificadas en Montañas Fluvio Erosionales (MÑ34-62e,f,g)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Montañas Fluvio Glaciares (MN)**

Son paisajes de ambiente morfogenético denudacional. Comprenden un área de 2.748 ha (9,08%) del All; esta unidad de paisaje se ubica en el eje de la Cordillera, y comprende los sitios de torre T215-T218, T240-T241 y T243-T284-V2.

Esta unidad de paisaje comprende un relieve de Cumbre de artesas, cumbres andinas (MN5-63e,f,g). Se desarrolla sobre rocas intrusivas, tipo cuarzodiorita, granodiorita y tonalitas, entre otras, de edad Jurásica y rocas de metamorfismo regional tipo esquistos cuarzo sericíticos, negros y esquistos verdes. La forma de terreno característica es de Laderas de circo y artesas; de pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%), índice de relieve alto a muy alto, laderas largas a muy largas. Se identificaron también coluvios (MN15-62e) y vallecitos coluvio aluviales (MN44-62e y MN44-103d,e).

**Figura 55 Paisaje de Montañas Fluvio Glaciares**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### ***Montañas Fluvio Gravitacionales (MH)***

Entre esta unidad de paisaje se encuentran relieves de Vega (MH45-103d,e), terraza aluvial (MH41-89e,f) y Cono aluvial (MH17-62c,e,f,g) y conos de deyección (MH28-62e); comprenden un área de 1.308 ha (4,32%) del AII.

#### *Vega (MH45-103d,e)*

Se desarrollan sobre depósitos no consolidados de origen aluvial, depósitos de gravas, conglomerados, etc.; con un cubrimiento de 1.178 ha (3,89%) del AII. Comprenden los sedimentos cuaternarios de Jerusalén (Qjer) y depósitos aluviales de cuerpos de agua intramontanos ubicados entre Palermo y Santa María. Son de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%), bajo índice de relieve, laderas cortas.

#### *Cono aluvial (MH17-62c,e,f,g)*

Corresponde a conos aluviales con un pequeño cubrimiento en el AII de 114 ha (0,38%); con pendientes desde inclinadas (7-12%) hasta fuertemente escarpadas (>75%).

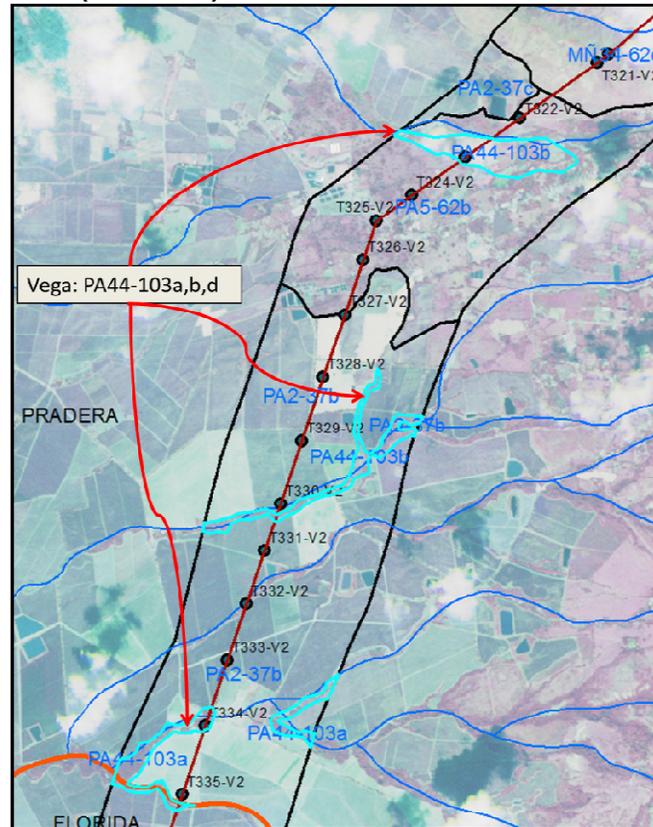
### **Paisaje de Piedemonte**

El paisaje de piedemonte es depositacional, tiene un cubrimiento de 6.381 ha (21,09%) del AII. Está asociado a relieves como Vega (PA44-103a,b,d), Abanicos aluvial (PA2-62b,d,e, PA2-37<sup>a</sup>,b,c), Abanico aluvial reciente (PA5-62b), y Cono de deyección (PX28-62d).

Vega (PA44-103a,d)

Corresponde a los depósitos aluviales (Qal) de los sistemas de ríos Macurí – Callejón, en alrededores de los municipios de Tesalia e Íquira y depósitos aluviales (Qal) que cruzan los abanicos aluviales en la vertiente occidental de la Cordillera Central. Tienen una extensión de 329 ha (1,09%) del AII, de pendientes planas (0-1%) y fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve, formas rectilíneas.

**Figura 56 Vega aluvial(PA44-103)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

Abanicos aluviales (PA2-62b,d,e; PA2-37a,b,c)

Tienen un cubrimiento de 5.832 ha (19,27%) en el AII. Se ubican en la vertiente occidental de la Cordillera Central haciendo parte de la amplia zona plana sobre la que se desarrollan los cultivos de caña de azúcar en el valle del Cauca, también se ubican en el municipio de Íquira.

Son depósitos no consolidados, de pendientes planas (0-3%) a inclinadas (7-12%); muy bajo índice de relieve, laderas extremadamente largas, rectilíneas. En el valle del Cauca estas áreas están dedicadas casi en un 100% al cultivo de la caña de azúcar (Foto 132). Son cruzados por los sitios de torre T41-T47 y T327-V2-T391.

**Foto 132 Abanico aluvial en piedemonte de la vertiente occidental de la Cordillera Central (PA2-37a)**

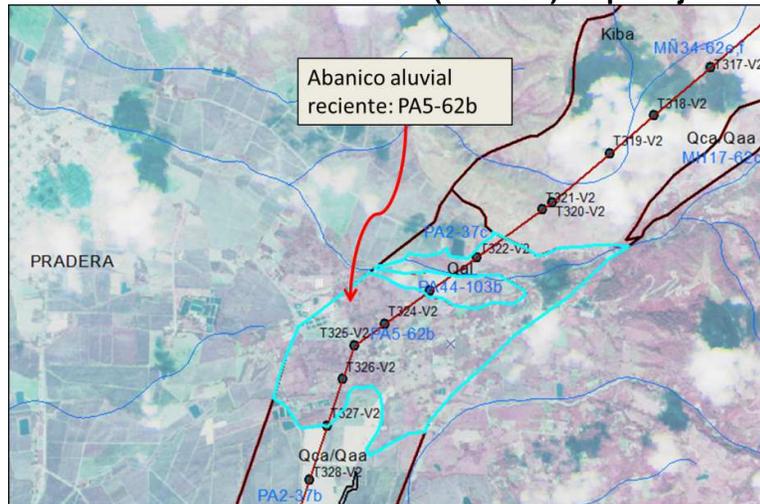


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Abanico aluvial reciente (PA5-62b)

Depósito cuaternario de 211 ha (0,70%), ubicado en la vertiente occidental de la Cordillera Central, parte alta, cuya parte terminal cubre parte del All, entre los sitios de torre T322V2 – T327V2 (Figura 57); pendientes moderadamente inclinadas (7-12%).

**Figura 57 Ubicación Abanico aluvial reciente (PA5-62c) en paisaje de Piedemonte**



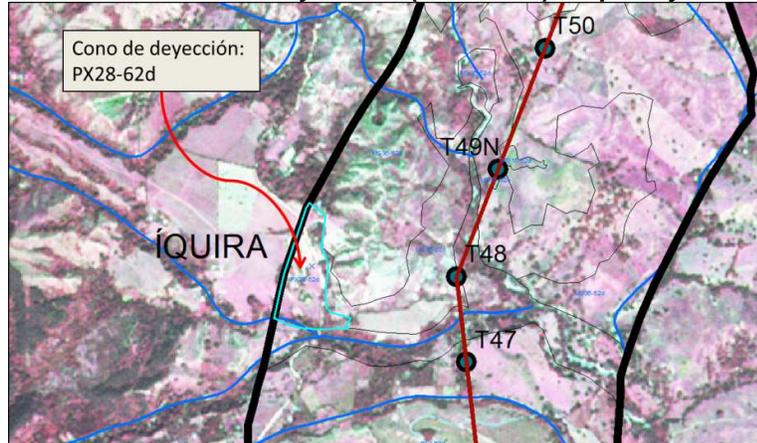
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

Cono de deyección (PX28-62d)

El All alcanza a cubrir parte de un cono aluvial sobre la vertiente oriental de la Cordillera Central, al oeste del sitio de torre 48 (Figura 58); tiene un cubrimiento en el All de 12,25

ha (0,04%), de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) y en menor proporción fuertemente quebradas (25-50%).

**Figura 58 Ubicación de Cono de deyección (PC28-62d) en paisaje de Piedemonte**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

### 3.2.1.2 Morfodinámica

Los procesos morfodinámicos que caracterizan el área de estudio, se describen a continuación.

- **Sobrepastoreo (terracetas – Patas de vaca)**

“Fenómeno muy extendido de deformación plástica y lenta; ocurre más acentuadamente en pendientes empinadas, superiores al 25%, por efecto combinado de la gravedad, agua y pisoteo del ganado, y afecta materiales superficiales homogéneos, porosos, plásticos, que yacen sobre substratos arcillosos o sobre la roca alterada. El fenómeno en su fase inicial, se caracteriza por una micro topografía de rellanos transversales a la pendiente general del terreno, separados por pequeños taludes entre peldaños, los cuales corresponden a las pisadas de ganado<sup>107</sup>.

Se presentan en gran parte del recorrido de la línea de transmisión, principalmente en los departamentos de Huila y Tolima, sobre la Cordillera Central, en rocas sedimentarias del Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt), Formación Seca (KPgs) y Batolito de Ibagué (Ji), debido a la actividad pecuaria altamente desarrollada en estos departamentos, que además se caracterizan por el predominio de pendientes >25% (Foto 133).

<sup>107</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras. Bogotá, 2.005.

**Foto 133 Erosión en patas de vaca, municipio Tesalia (vereda Alto de La Hocha)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Zonas erosionadas (Eriales)**

Se presentan principalmente en las rocas sedimentarias que afloran en el departamento de Huila, como son las Formaciones Palermo, Tesalia y Grupo Olini – Formación La Tabla (Ko-Kt), principalmente; presentan escasa cobertura vegetal y están sujetas a pérdidas de cobertura y exposición a procesos erosivos (Foto 134).

**Foto 134 Eriales en rocas sedimentarias de la Formación Palermo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Erosión en surcos y cárcavas**

La erosión en surcos se desarrolla a partir de la erosión laminar; la remoción de los suelos ocurre a lo largo de pequeños canales formados por surcos intermitentes de escorrentía (IGAC 2.005). La erosión en cárcavas es un proceso intenso de erosión hídrica, causado por escurrimiento superficial concentrado, capaz de remover material de suelo hasta profundidades considerables. (IGAC 2.005).

En el área de estudio, se identificaron procesos erosivos dispersos, en surcos y cárcavas; se observaron principalmente, asociados a deslizamientos de grandes magnitudes, originados sobre los cortes de carreteras, ver Foto 135.

**Foto 135 Erosión en surcos sobre deslizamiento en carretera**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Deslizamientos activos y deslizamientos inactivos**

Corresponden a desprendimientos rápidos de masas de roca o suelo, que se desarrollan sobre un plano inclinado o sobre una superficie cóncava<sup>108</sup>. En el área de estudio se observan principalmente sobre rocas intrusivas del Batolito de Ibagué y rocas volcánicas sedimentarias de la Formación Saldaña, asociados a las partes altas de los relieves de montañas y principalmente a las carreteras construidas sobre este relieve de fuertes pendientes (Foto 136).

---

<sup>108</sup> *Ibíd.*

### Foto 136 Deslizamientos de gran magnitud sobre la carretera Planadas - Herrera



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### 3.2.1.3 Morfoestructuras

La información relacionada con las formas de tipo estructural se presenta y desglosa en el análisis de los rasgos estructurales del área de influencia indirecta, tratados en el numeral 3.2.1 Geología, y se complementa con las descripciones realizadas en el ítem de morfogénesis y morfografía anteriormente tratados.

#### 3.2.1.4 Área de influencia Directa

Para la caracterización geomorfológica del área de influencia directa se realizó un recorrido detallado por el corredor del AID de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV, cuyas observaciones geomorfológicas se describen a continuación referenciadas a los vértices (VT) inspeccionados establecidos en la etapa de exploración, a su equivalencia al sitio de torre (T) asignado en la etapa de replanteo y a la unidad geomorfológica correspondiente según la Tabla 1

- **Subestación Tesalia 230 kV– Vértice VTATP000 (T1)**

El predio previsto para la Subestación Tesalia 230 kV se ubica en medio de un paisaje de Montañas Estructurales-Erosionales, y relieve de colinas, desarrolladas sobre rocas sedimentarias clásticas, con una cobertura de terrazas aluviales del río Páez.

El paisaje característico en esta zona es de montañas y lomas alineadas en dirección NS a NNE-SSW, debido a la orientación estructural predominante; como formas del terreno pueden diferenciarse claramente laderas de buzamiento y laderas erosionales. Son lomas y montañas de cimas agudas y angostas, drenaje poco denso, poco disectado y subparalelo; con muy bajo índice de relieve, longitud de laderas muy cortas y escarpadas (58%), Foto 137.

### Foto 137 Paisaje en inmediaciones del río Páez, alrededores del predio para la Subestación Tesalia 230 kV



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El terreno donde se ubicará la Subestación Tesalia 230 kV, es una terraza aluvial (VA8-89d), de forma ligeramente ondulada (pendiente 8-12%), con un ancho de 500 m, y escasa cobertura vegetal; es un terreno estable sin presencia de procesos erosivos significativos (Foto 138).

### Foto 138 Alrededores del predio para la Subestación Tesalia 230 kV



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

También se presentan localmente terrenos de cobertura vegetal muy delgada, expuestos a erosión laminar y eriales (Foto 139).

Foto 139 Erosión tipo en alrededores del predio para la Subestación Tesalia 230 kV



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

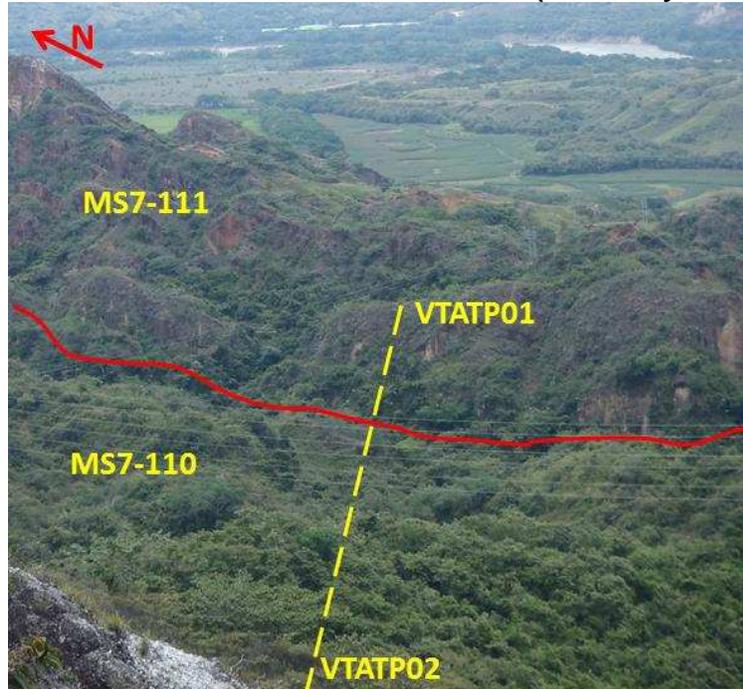
- **T1 –T39. Predominio de barras homoclinales en montañas estructurales erosionales**

Entre los sitios de torre T1y T39se cruzan rocas de la Cordillera Central, cuyo ambiente morfogenético es estructural, y los paisajes dominantes son de Montañas Estructurales – Erosionales, cuyo tipos de relieve son Filas, vigas y crestas ramificadas, Lomas, Colinas, vallecitos coluvio – aluviales, barras homoclinales y anticlinales.

Este sistema montañoso presenta una orientación predominante NE-SW, debido a la disposición estructural de las formaciones sedimentarias de la región.

Entre los vértices VTATP001(T1) -VTATP003(T5), se cruzan montañas estructurales – erosionales, cuyos tipos de relieve son barras homoclinales, con desarrollo de laderas de buzamiento y laderas erosionales. De cimas agudas, angostas y pendientes escarpadas (58%); son de alta susceptibilidad a la erosión en surcos y cárcavas. Presentan drenaje denso, muy disectado y subparalelo (Foto 140).

**Foto 140 Alineamiento entre VTATP001 (T1) -VTATP002 (T3N), por barras homoclinales en montañas estructurales erosionales (MS7-110 y MS7-111)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Las rocas de la Formación Potrerillo (Pgpo), son de baja densidad de drenaje; las rocas de la formación Tesalia (Pgt) desarrollan un relieve de montañas estructurales erosionales, altas, de estratificación subvertical, cimas subangulares, medianamente angostas, drenaje subparalelo, escasa cobertura vegetal; se caracterizan por el predominio de afloramientos rocosos con el desarrollo de eriales, susceptibles a erosión en cárcavas y deslizamientos de tipo planar (Foto 141). Las formas de terreno que desarrollan estas unidades litológicas entre los VTATP001 (T1) –VTATP003 (T3N), son laderas de buzamiento, con estratificación al E-SE (Foto142).

**Foto 141 GPS014. Montañas estructurales erosionales de alta susceptibilidad a cárcavas y deslizamientos**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto142 Laderas de buzamiento (MS7-110) en rocas de las formaciones Tesalia (Pgt) y Potrerillo (Pgpo)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Vértice VTATP002 (T3N). Laderas de Buzamiento en Barras homoclinales, en paisaje de montañas estructurales erosionales (MS7-110)**

El Vértice VTATP002 (T3N) se ubica en el filo de laderas de buzamiento, elongado en dirección NS, con un ancho aproximado de 5 m y laderas de pendiente fuertemente quebrada (50%); es un terreno de escasa cobertura vegetal, con afloramientos rocosos. Por su litología, desarrolla zonas de eriales y es susceptible al desarrollo de erosión en surcos y cárcavas, por lo que la ubicación de una estructura en este sitio, requiere la

adecuación de parte del terreno para que las patas queden con buen soporte, refuerzo en obras de contención y de control de erosión y recuperación vegetal del terreno (ver Numeral Inspección Sitios de Torre, Área de Influencia Directa, Geología).

La ubicación de una estructura en este sitio, requiere la explanación de parte del terreno para que las patas queden con buen soporte, refuerzo en las laderas con muros de gaviones, obras de control de erosión y recuperación vegetal del terreno (ver Numeral Área de Influencia Directa, Geología).

### **Vértice VTATP003 (T5). Laderas de Buzamiento en Barras homoclinales, en paisaje de montañas estructurales erosionales (MS7-110)**

Se ubica en la misma unidad geomorfológica que el VTATP002 (T3N), correspondiendo a la cima de montañas estructurales erosionales, de pendientes escarpadas (70%). El terreno es muy suelto y susceptible a eriales y erosión en surcos y cárcavas. Las cimas son subangulares y angostas, afectadas por erosión en surcos y cárcavas sobre ambas laderas (Foto 143).

### **Foto 143 Vértice VTATP003 (T5). Barras homoclinales en paisaje de montañas estructurales erosionales (MS7-110)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Vértice VTATP004 (T10). Laderas en Anticlinal de montañas estructurales erosionales (MS1-62)**

La Foto 126 muestra la ladera oriental del anticlinal de La Hocha, cartografiado en la Geología de la plancha 344<sup>109</sup>, que corresponde a un relieve de montañas estructurales erosionales, en cuya cima se ubica el vértice VTATP004 (T10); de laderas convexas, largas, de alto índice de relieve, cimas redondeadas y amplias; a nivel regional no se observaron procesos erosivos significativos.

No se pudo acceder al VTATP004 (T10) por ubicarse a media ladera en rocas volcánico sedimentarias que conforman el Anticlinal de La Hocha, y para lo que se recomienda en la etapa de replanteo, modificar la ubicación de este vértice hacia la cima del anticlinal, donde el terreno presenta condiciones de mayor estabilidad.

<sup>109</sup> INGEOMINAS. Geología de la Plancha 344 Tesalia. Escala 1:100.000. Bogotá, versión digital 2.010.

La ladera NW del VTATP004 (T10) está conformada en su parte alta por laderas moderadamente largas, de relieve escarpado (70%), y convexas (Foto144), desarrolladas sobre rocas competentes de la Formación Caballos (Kc). En la parte baja de esta misma ladera, el terreno está conformado por rocas más blandas de la Formación Hondita-Loma Gorda (Kh-Kl), con una cobertura de depósitos de ladera, que le imprimen al terreno formas más suaves, con un relieve fuertemente quebrado (36%), Foto145.

**Foto144 Laderas escarpadas en vertiente NW del vértice VTATP004 (T10)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto145 Depósitos de ladera sobre parte media de la ladera NW, donde se ubica el vértice VTATP004 (T10)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Vértice VTATP005 (T17). Laderas erosionales en barras homoclinales, montañas estructurales erosionales (MS7-111e)**

En alrededores del vértice VTATP05 (T17) se cuenta con un relieve de montañas, con cimas amplias y redondeadas, debido a su conformación litológica de estratos blandos y buzamiento al W; índice de relieve bajo (50-250 m) y laderas moderadamente largas (250-500 m), Foto 146.

**Foto 146 Relieve de montañas estructurales – erosionales (MS7-111e), al este de VTATP005 (GPS 002)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Foto 147, hacia el oeste del VTATP005 (T17), las pendientes son fuertemente quebradas (36%), con bajo índice de relieve y laderas moderadamente largas. El terreno está afectado en grado moderado por pisadas de ganado, pero esta afectación disminuye hacia el VTATP005 (T17).

**Foto 147 Al fondo lomas y colinas en paisaje de Montañas Estructurales Erosionales (MS7-111e), afectada por pisadas de vaca en alto grado, sobre laderas al W del VTATP005 (GPS 004)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Hacia el norte del vértice VTATP00(T17) se continúa el cruce por el paisaje de montañas estructurales erosionales (MS7-111), Foto 148; con desarrollo de laderas de buzamiento, estratificación al W, y pendientes escarpadas (58%). Al oeste se observaron laderas en lomas y colinas (MS36-62), y laderas erosionales en un relieve de barras homoclinales (MS7-111). Estas unidades geomorfológicas son de forma elongadas en dirección NS a NNE.

**Foto 148 Paisaje de montañas estructurales erosionales al norte de VTATP05 (GPS 001)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El sitio donde se encuentra el VTATP005 (T17) corresponde a montañas estructurales erosionales, desarrolladas en rocas sedimentarias con intercalación de estratos blandos y competentes; con desarrollo de lomas y colinas, de laderas convexas, moderadamente inclinadas (12%), cimas subredondeadas, amplias, patrón de drenaje subparalelo, drenajes cortos y medianamente disectados; no se identificaron procesos erosivos significativos (Foto 149).

**Foto 149 Ubicación de VTATP005 (GPS 004)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Vértice VTATP006 (T23) - VTATP008 (T33). Laderas erosionales en relieve de barras homoclinales, en un paisaje de montañas estructurales erosionales (MS7-111)**

Entre los vértices VTATP006 (T23) – VTATP008 (T33) se continúa cruzando por una misma unidad geomorfológica de laderas erosionales que hacen parte de barras homoclinales, en rocas de la Formación Hondita – Loma Gorda (Kh-KI). Son montañas

estructurales erosionales, de cimas subangulares, angostas, laderas rectas, largas, con bajo índice de relieve, afectadas por pisadas de ganado en grado moderado (Foto 150).

**Foto 150 Relieve de montañas estructurales erosionales en rocas sedimentarias, MS7-111 (GPS 026), T23**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En medio de estas geoformas se identificaron unidades geomorfológicas de menor magnitud, que corresponden a coluvios provenientes de depósitos de ladera (Foto 151).

**Foto 151 Panorámica de depósitos de ladera en montañas estructurales erosionales (GPS 024)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En alrededores del VTATP006 (T23) (Foto152), se cuenta con una cima amplia, subredondeada, pendiente fuertemente quebrada (47%); con escasa capa orgánica y cobertura en pastos; afectada levemente por eriales y pisadas de vaca en grado moderado.

### Foto152 Alrededores de VTATP006 (T23), GPS 026



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El VTATP006 (T23) está localizado en una cima amplia, de ancho aproximado 100 m, pendiente ligeramente inclinada, sin procesos erosivos y de apariencia estable (Foto 153).

### Foto 153 Ubicación Vértice VTATP006 (T23), GPS 026



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice VTATP007 (T28) se ubica en montañas de cimas sub redondeadas, laderas convexas, pendientes escarpadas (58%), drenaje medianamente disectado, con cobertura vegetal muy delgada (Foto 154).

**Foto 154 Panorámica desde el VTATP007 (T28) hacia VTATP 008 (T33) y VTATP009 (T36)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En el vértice VTATP007 (T28) la pendiente media es fuertemente inclinada (20-25%), no se observaron procesos morfodinámicos significativos, es un terreno de apariencia estable (Foto 155).

**Foto 155 Ubicación de VTATP007 (GPS 030)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

En los alrededores al vértice VTATP008 (T33) se muestra el relieve de montañas estructurales erosionales sobre las que se están ubicando los vértices VTATP008(T33) – VTATP009 (T36), cuyas laderas son fuertemente quebradas (45-50%), Foto 156.

**Foto 156 Panorámica desde el VTATP008 (T33) hacia el VTATP009 (T36)**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2.014

El sitio donde se ubica el vértice VTATP008 (T33), es de apariencia estable, relieve moderadamente inclinado (12%), con cobertura densa en rastrojo bajo, cima amplia y redondeada (Foto 157).

**Foto 157 Vértice VTATP008 (T33), GPS 032**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Entre los vértices VTATP010 (T39) – VTATP011 (T 41) se cruza por el plano aluvial del sistema de ríos Macurí - Callejón, conformado por vegas del río, de poca amplitud. Este relieve hace parte de un paisaje de piedemonte de ambiente morfogenético aluvial.

- **Vértices VTATP011 (T41) – VTATP012 (T48). Cruce del Abanico Aluvial de Íquira (PA2-62)**

La línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV cruza por la parte terminal del abanico aluvial de Íquira, el cual hace parte del paisaje de Piedemonte aluvial. Es un abanico, con varios niveles de terraza, que evidencia diferentes eventos; los escarpes de terraza son de 3 -5 m de altura, con pendientes mayores del 100%; el abanico, en el sector donde cruza la línea es de pendiente moderadamente inclinada (12%), son terrenos amplios y estables (Foto 158). En los sectores en que el abanico se encuentra en contacto con cuerpos de agua, son susceptibles de socavación (Foto 159).

**Foto 158 Niveles de abanico terraza, PA2-62 (GPS 035)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Foto 159 Socavación en taludes del abanico de Íquira (GPS 035)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Vértices VTATP012 (T48) – VTATP013 (T60). Lomas y colinas y coluvios, en Montañas estructurales erosionales en rocas sedimentarias (MS36-62d y MS15-62e)**

El vértice VTATP012 (T48) se ubica sobre lomas y colinas en un paisaje de montañas estructurales erosionales (MS36-62) sobre rocas sedimentarias de la Formación Palermo (Pgp). El relieve en este sector contrasta con el abanico aluvial en Íquira, y corresponde a lomas y colinas con laderas onduladas, moderadamente largas, bajo índice de relieve y fuertemente quebrado (27%); cimas elongadas en dirección N-S, conformadas por filos angostos y laderas de buzamiento y erosionales (Foto 160).

### Foto 160 Relieve de Lomas y colinas en montañas estructurales erosionales, MS36-62 (GPS 037)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Esta zona es susceptible a erosión en surcos y cárcavas (grado moderado), afectada por pisadas de ganado en grado moderado. En la Foto 161 se muestra deslizamiento activo, de 100-150 m de longitud aproximada, altura 10 m, con desarrollo de surcos y cárcavas.

**Foto 161 Terrenos afectados por sobrepastoreo, deslizamientos y erosión en surcos (GPS037)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Al norte de Íquira se cruza por un paisaje de lomas estructurales erosionales, en rocas sedimentarias de la Formación Palermo (Pgp), cuyo límite es claramente definido con un paisaje de montañas fluvio erosionales de origen intrusivo, las cuales se encuentran en contacto fallado (Foto 162).

**Foto 162 Relieve de Lomas estructurales erosionales (MS36-62) en rocas de la Formación Palermo (Pgp) en contraste con Montañas fluvio erosionales del Jurásico (Ji), GPS 038**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Este relieve, en laderas donde aumenta la topografía, puede verse afectado por erosión en surcos y cárcavas (Foto 163); son de laderas rectas cóncavas, de longitud moderada, con índice de relieve moderado, cimas agudas y angostas.

**Foto 163 Panorámica que muestra la susceptibilidad a deslizamientos y erosión en laderas de lomas estructurales erosionales (MS36-62), GPS 040**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

También se identificaron laderas largas y rectilíneas y en particular un sector de cima muy amplia y ligeramente inclinada y laderas fuertemente quebradas (35-45%), afectadas por deslizamientos activos de magnitud moderada y pisadas de ganado en grado moderado (Foto 164).

Esta geoforma particularmente amplia en la región, parece ser debida a la presencia de una terraza volcánica, dispuesta sobre sedimentos de la formación Palermo (Pgp), Foto 165.

**Foto 164 Paisaje de loma estructural erosional (LS21-89d), de cima amplia, ligeramente ondulada**



 Deslizamiento activo

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 165 Cima muy amplia y ligeramente inclinada, que parece corresponder a una terraza volcánica, GPS042**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Por el acceso al vértice VTATP013 (T60) se cruza por un cambio de paisaje correspondiente a montañas fluvio erosionales, con el desarrollo de relieves de filas, vigas y crestas ramificadas (MÑ34-62). Es un relieve muy homogéneo de laderas muy largas, escarpadas (70%), con índice de relieve alto. Hacia el oeste de Teruel, este relieve muestra laderas escalonadas (facetas triangulares) por efecto de fallamiento (Foto 166).

**Foto 166 Panorámica de montañas fluvio erosionales (MÑ34-62) en rocas del Batolito de Ibagué (Ji)**

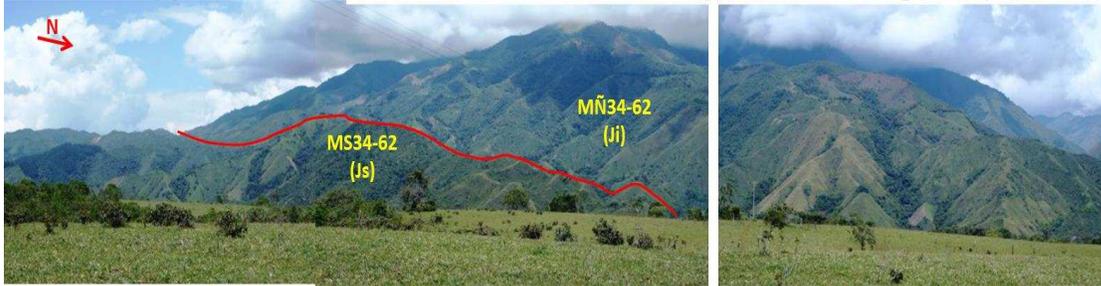


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Foto 167 se muestra la panorámica del relieve, con el desarrollo de montañas estructurales erosionales (MS34-62), en rocas volcano sedimentarias de la Formación Saldaña (Js), de cimas subangulares y angostas, con facetas triangulares por efecto del fallamiento regional que afecta el contacto entre esta unidad litológica con el Batolito de Ibagué (Ji); laderas largas y escalonadas, con índice de relieve moderado y pendientes escarpadas (58%); drenaje subparalelo, medianamente denso y medianamente disectado; afectadas en grado moderado por pisadas de ganado.

Las montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), que se desarrollan sobre el Batolito de Ibagué (Ji), son altas, también con facetas triangulares por efecto del fallamiento regional; laderas rectas a cóncavas, muy largas, con alto índice de relieve, cimas subredondeadas, medianamente angostas, de aspecto masivo; afectadas en grado moderado por pisadas de ganado.

**Foto 167 Panorámica de Montañas estructurales erosionales, MS34-62 (Formación Saldaña, Js) y Montañas fluvio erosionales, MÑ34-62 (Batolito de Ibagué, Ji)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Vértices VTATP013 (T60) – VTAPF036 (T210).Cruce de filas, vigas y crestas ramificadas en paisajes de montañas fluvio erosionales (MÑ34-62) y montañas estructurales erosionales (MS34-62)**

Entre los vértices VTATP013 (T60) y VTAPF036 (T210), se cruzan paisajes muy homogéneos en montañas fluvio erosionales y montañas estructurales erosionales, que se desarrollan a partir de rocas intrusivas del Batolito de Ibagué (Ji) y volcano sedimentarias de la Formación Saldaña (Js), respectivamente.

#### **Vértices VTATP013 (T60) – VTATP019B (T117)**

En este tramo el relieve es de características homogéneas, para lo cual se hicieron descripciones desde los vértices VTATP015 (T71) y VTATP016 (T86).

En el vértice VTATP015, T71 (GPS050) se cuenta con paisaje de montañas fluvio erosionales y estructurales erosionales. Las Montañas fluvio erosionales se caracterizan por ser altas, de cimas redondeadas, medianamente amplias, laderas escalonadas, largas, con pendientes escarpadas (50%-70%); esta zona está afectada en alto grado por pisadas de ganado y desarrolla pequeños despegues del terreno (Foto 168).

**Foto 168 Panorámica al E, muestra relieve de filas, vigas y crestas ramificadas en Montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), GPS050**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Hacia el norte se observa un contraste morfológico entre las montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), rocas del Batolito de Ibagué (Ji) y montañas estructurales erosionales (MS34-62), rocas de la Formación Saldaña (Js). Estas últimas están conformadas por laderas convexas, cimas subredondeadas, medianamente amplias, se encuentran afectadas por

deslizamientos de gran magnitud, debido a la fuerte pendiente, alto grado de deforestación y sobrepastoreo (Foto 169).

**Foto 169 Panorámica al norte, muestra el contraste morfológico entre Montañas estructurales erosionales (MS34-62) y montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), GPS050**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice VTATP015 (T71) se ubica en laderas de montañas fluvio erosionales, conformadas por suelos residuales del Batolito de Ibagué (Ji), el sitio tiene una amplitud de 50X200 m aproximadamente (Foto 170), laderas escarpadas (58%), Foto 170 Hacia el costado sur se presenta un deslizamiento inactivo de altura aproximada 6 m y longitud 10 m; presenta grietas pero sin evidencias de actividad reciente (Foto 171). Este sitio requiere implementación de medidas preventivas para controlar la potencial reactivación de la inestabilidad del terreno.

**Foto 170 Ubicación de Vértice VTATP015 (T71), GPS050**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 171 Deslizamiento inactivo sobre ladera ubicada en costado sur de VTATP015, T71 (GPS050)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice VTATP016 (T86) se localiza en laderas escarpadas (58%) y laderas rectas, que hacen parte de un relieve de filas, vigas y crestas ramificadas, en un paisaje de montañas fluvio erosionales, en rocas ígneas intrusivas (Foto 172). Este sitio se ubica muy cerca de un descanso topográfico, pero sobre la ladera (Foto 173).

**Foto 172 Filas, vigas y crestas ramificadas en paisaje de Montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), GPS 051**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El material parental son rocas ígneas intrusivas, con una cobertura de depósitos de ladera que localmente suavizan las formas del terreno. Este vértice está ubicado al inicio de la ladera, y se recomienda que en la etapa de replanteo, se mueva hacia la parte alta del terreno, una distancia aproximada de 3 m, para que el vértice quede ubicado en terreno plano.

**Foto 173 Ubicación aproximada de VTATP016 (T86), en depósitos de ladera en montañas fluvio erosionales**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Ladera arriba, aproximadamente 30 m del VTATP016 (T86) se presentan cárcavas que no afectan la estabilidad del sitio, pero deben ser corregidas como medida preventiva (Foto 174).

**Foto 174 Cárcavas ubicadas aproximadamente a 30 m ladera arriba del VTATP016 (T86)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Vértices VTATP020 (T121) – VTATP026 (T154)**

Entre los vértices VTATP020(T121) – VTATP026 (T151) se cruza por un paisaje de montañas fluvio erosionales desarrolladas sobre rocas ígneas del Batolito de Ibagué (Ji) y volcans sedimentarias de la Formación Saldaña (Js), cuyo relieve varía a lomas y colinas de alturas entre 15-20 m, cimas amplias y redondeadas, pendiente fuertemente quebrada (27% - 35%), laderas cortas, cóncavo – convexas, Foto 175.

**Foto 175 Lomas y colinas que hacen parte del paisaje de Montañas fluvio erosionales en rocas intrusivas del Batolito de Ibagué (MÑ36-62), GPS 052**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Hacia los lados del vértice VTATP022 (T133), el relieve corresponde a lomas y colinas en un paisaje de Montañas fluvio erosionales. El vértice VTATP022 (T133) se ubica sobre una colina conformada por suelo residual del Batolito de Ibagué (Ji), de cima amplia, pendiente fuertemente inclinada (17%); el sitio tiene un ancho aproximado de 30 m, longitud 150 -200 m, es un terreno estable, donde no se evidenciaron procesos erosivos significativos (Foto 176).

**Foto 176 Ubicación vértice VTATP022 (T133)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Entre los vértices VTATP023 (T144) -VTATP025 (T149), se cuenta con paisajes de montañas altas, macizas, cimas subredondeadas y laderas cóncavas. En estos terrenos es común observar depósitos de ladera superficiales, con bloques de roca angulares, principalmente de roca volcánica tipo areniscas tobáceas color crema y tobas color violeta. Las pendientes promedio son escarpadas (70%). En estas zonas, el terreno cuenta con coberturas de bosques que ofrece mejor condición de estabilidad geotécnica (Foto 177); en las áreas desprovistas de este tipo de vegetación, se evidencia la alta susceptibilidad a movimientos en masa (Foto 178).

**Foto 177 Montañas estructurales erosionales, en inmediaciones del VTATP024 (T147), GPS 055**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 178 Filas, vigas y crestas en montañas estructurales erosionales (MS34-62), de alta susceptibilidad a movimientos en masa (GPS 056)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El VTATP024 (T147) se ubica en un pequeño descanso de la zona de montañas, en un ancho aproximado de 10 m, longitud 30-50 m, pendiente moderadamente inclinada (9-12%), Foto 179; en el costado norte presenta una ladera de pendiente escarpada (47-58%), cóncava (Foto 180), hacia los otros costados del sitio, la pendiente es más suave. No se observaron evidencias de inestabilidad.

**Foto 179 Ubicación del vértice VTATP024 (T147), GPS 054**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 180 Costado norte del VTATP024 (T147), GPS 054**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Vértices VTATP026 (154) – VTATP036 (T210)**

Entre los vértices VTATP026 (T154) – VTAPF036 (T210), se cruzan montañas fluvio erosionales, desarrolladas sobre rocas ígneas intrusivas del Batolito de Ibagué (Ji), y rocas metamórficas del Complejo Icarcó (PCAi). Son montañas altas, de laderas irregulares, largas, pendientes escarpadas (58%); drenaje denso, subdendrítico (Foto 181).

**Foto 181 Panorámica al W, relieve de filas, vigas y crestas ramificadas de montañas fluvio erosionales (MÑ34-62), GPS 072**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En GPS082 se tomó una foto panorámica hacia el sur, del relieve característico de la zona, filas, vigas y crestas en montañas fluvio erosionales (MÑ34-62); son montañas masivas, laderas largas, escalonadas, con índice de relieve moderado; drenaje denso, bien disectado, subdendrítico, cimas subredondeadas y angostas; pendientes escarpadas (58%),Foto 182. En GPS 083 se tomó un registro fotográfico que muestra la afectación de la región por pisadas de ganado, en grado moderado, y deslizamientos principalmente sobre suelos residuales, a media ladera (Foto 183).

**Foto 182 Montañas fluvio erosionales en rocas del Batolito de Ibagué, GPS 082**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 183 Zonas afectadas por pisadas de ganado y deslizamientos, GPS 083**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

El vértice VTATP030 (T175) se ubica en paisaje de montañas fluvio erosionales, sobre rocas del Batolito de Ibagué; cimas redondeadas, angostas, de laderas cortas, de bajo índice de relieve y pendientes escarpadas (58%),Foto 184.

**Foto 184 Montañas fluvio erosionales en rocas del Batolito de Ibagué (Ji), GPS 089**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El material parental de esta región presenta un alto grado de meteorización, hasta el desarrollo de suelos residuales, el terreno se encuentra afectado en grado moderado por pisadas de ganado, localmente desarrolla despegues del terreno (Foto 185).

**Foto 185 Despegue del terreno por efecto de sobrepastoreo, al fondo sobrepastoreo característico en las montañas fluvio erosionales de este sector (GPS 089)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice VTATP030 (T175) está ubicado a media ladera, aproximadamente a 16 m de la estación GPS 089 (Foto 186); se recomienda en la etapa de replanteo mover el vértice hacia la cima, puesto que es un sector más plano; sin embargo tiene como restricción la cercanía a la vía que conduce al municipio La Herrera, aproximadamente a una distancia de 10 m.

**Foto 186 Ubicación VTATP030, T175 (GPS 089)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El sitio recomendado es de pendiente moderadamente inclinada (9%), ancho aproximado 50 m, longitud 150 m, laderas de pendientes escarpadas (58%); se encuentra afectado en grado moderado, por pisadas de ganado, pero puede ser controlado. Está ubicado a 90 m del VTATP030 (T175), Foto 187 y Foto 188

**Foto 187 Sitio recomendado para reubicar el VTATP030, T175 (GPS 089)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 188 Sitio recomendado para reubicar el VTATP030 (T175) (GPS 089)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice VTATP032 se localiza sobre la misma unidad geomorfológica de paisaje, Montañas fluvio erosionales, con un relieve de filas, vigas y crestas ramificadas (MÑ34-62).

El material parental en esta región corresponde al Batolito de Ibagué (Ji); sin embargo, el VTATP032 (T189) se localiza sobre un depósito coluvial, no cartografiable a la escala de trabajo. El vértice se localiza a media ladera, en un pequeño descanso topográfico de ancho aproximado 15 m y longitud 25 m, pendiente fuertemente inclinada (17%), las laderas que lo bordean son de pendiente escarpada (58%), Foto 189. Este sitio está a 59 m horizontales de la carretera.

**Foto 189 Ubicación del VTATP032, T189 (GPS 126)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Aproximadamente a 20 m al SE y ladera arriba del VTATP032 (T189), se presentan tres deslizamientos en suelo residual, de altura 5-10 m, longitud 5 m cada uno, aproximadamente; son activos y son evidencia del alto grado de inestabilidad del terreno. Estas laderas están afectadas también, en grado moderado, por pisadas de ganado (Foto 190). Se recomienda durante la etapa de replanteo, mover el vértice VTATP032 (T189), y ubicarlo en lo posible a 100-150 m al SE, donde se presenta un terreno de pendiente fuertemente inclinada (18-20%), de forma ligeramente ondulada, sobre suelo residual pero alejado de las laderas inestables; en el caso de que esta solución técnicamente no sea viable, prever medidas de contención, control de erosión y revegetalización que garanticen la estabilidad de la estructura.

#### Foto 190 Ubicación del vértice VTATP032, T189 (GPS 126)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice VTAPF036 (T210) se ubica en un paisaje de montañas de ambiente fluvio glacial, con el desarrollo de valles estrechos coluvio aluviales, a lo largo del río Hereje. Es un valle aluvial intramontano, con vega angosta, aproximadamente de 200 m de ancho, y presencia de conos de deyección. Las laderas son montañas bajas, con índice de relieve muy bajo, laderas cortas, cimas agudas y angostas (Foto 191).

**Foto 191 Valle aluvial intramontano, MN44-62 (GPS 145)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice VTAPF036 (T210) está en la cima de una montaña de laderas escarpadas (47% -58%); el sitio es amplio, con un ancho aproximado de 100-150 m y una longitud de 200 m; en este mismo sitio hay una torre de distribución de energía domiciliaria (Foto 192).

**Foto 192 Ubicación de Vértice VTATP036 (T210) (GPS 145)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

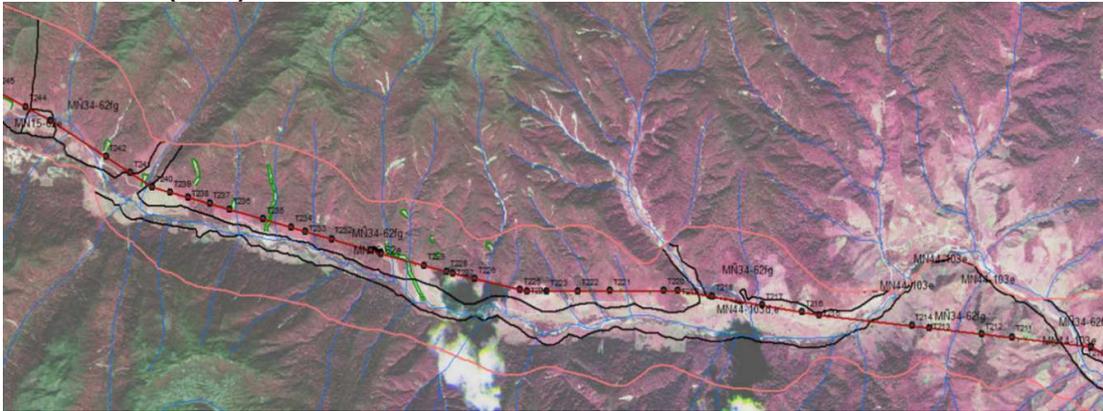
• **Vértices VTAPF036N (T210) – VTAPF039N (T244)**

Entre los vértices VTAPF036N (T210) a VTAPF039N (T244) se realiza el ascenso por el valle del río Hereje en dirección hacia el páramo Meridiano, donde la unidad geomorfológica de paisaje corresponde a Montañas fluvio erosionales (Foto 193) desarrolladas en las rocas graníticas del Batolito de Ibagué, con un relieve de filas, vigas y crestas ramificadas (MÑ34-62), Figura 59; son montañas masivas, laderas largas a medianas, escalonadas, con índice de relieve moderado; drenaje denso, bien disectado, subdendrítico, cimas subredondeadas y angostas; pendientes escarpadas a moderadas. A media ladera son frecuentes acumulaciones de depósitos de pendiente conformados por bloques heterométricos constituidos por rocas ígneas tipo tonalitas biotíticas y granodioritas. Por sectores, el drenaje se ramifica en varias direcciones formando un patrón de drenaje subdendrítico, o con control estructural subangular, formando valles en "V".

Esta zona se encuentra afectada por movimientos en masa dada la composición y meteorización del material, conformado por suelos y material rocoso deleznable, al igual que por procesos erosivos como erosión laminar y en surcos; llegando en algunos sectores a existir cárcavamiento en zonas que se encuentran sin buena cobertura vegetal. Entre los sitios de torre 242 – 247 se evidencia mayor actividad morfodinámica representada por deslizamientos activos e inactivos, principalmente sobre la margen izquierda del río Hereje.

Los deslizamientos, por lo regular, están asociados a pendientes altas, cortes de carreteras e intensa actividad antrópica. Los caminos de herradura, con frecuencia, muestran profundización formando canales de más de 3 metros de profundo, especialmente cuando son utilizados para transporte de madera.

**Figura 59 Unidades geomorfológicas entre Vértices VTAPF036N(T210) – VTAPF039N (T244)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 193 Montañas fluvio erosionales en rocas del Batolito de Ibagué (Ji), en los dos flancos del valle del río Hereje**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **VTAPF039N (T244) – T283-V2**

**Vértices VTAPF039N (T244) – VTAPF039AB = R1 = T263**

Entre los vértices VATATP039N (T244) a VTAPF039AB = R1 T263, se realiza el cruce propiamente dicho del Páramo Meridano.

El Páramo Meridiano está constituido por rocas metamórficas y granitos, conforma un paisaje labrado por glaciares de montaña, relacionados con el período de los últimos 130.000 años, correspondiente al ciclo del último interglaciario-glaciario cuaternario. El modelado determinado por la denudación glaciaria sobre los materiales parentales muestra una evidencia de cubrimiento con ceniza volcánica y está representado por geoformas tipo circo, artesa, olla glaciaria y complejos de morrenas (Foto 194), entre otras geoformas. Resalta además la forma aserrada de la cuchilla El Serrucho (Foto 195) y la presencia de múltiples lagunas y pantanos de origen glaciar (Foto 196).

Se presentan sectores rocosos y rasgos erosivos tipo lavado de la roca, en los cerros de mayor altura. En las zonas de valle, los suelos saturados por la elevada humedad y el intenso pastoreo, han generado erosión ligera a moderada, especialmente en las zonas de mayor pendiente.

**Foto 194 Geoformas glaciarias en el Páramo Meridiano, localizadas en alrededores del sitio del vértice VATATP039AB = R1 = T263**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 195 Geoforma aserrada, de la cuchilla El Serrucho**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 196 Complejo de lagunas y pantanos de origen glaciar, localizado en el páramo Meridiano**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Vértices VTAPF039AB (R1 = T263) – R3A (T278-V2 y T279-V2)**

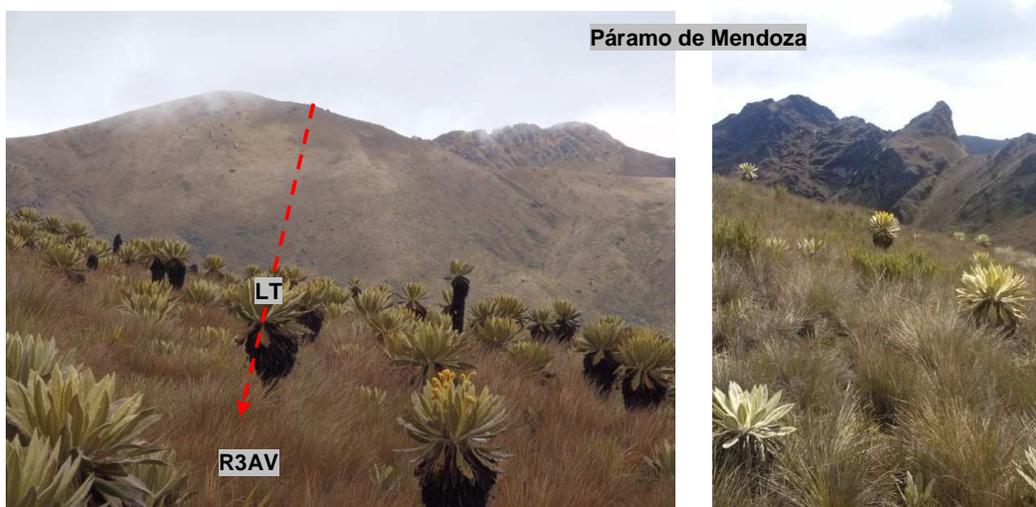
Comprende el cruce de un relieve montañoso de origen fluvioglacial asociado al Páramo de Mendoza, cuyo flanco occidental conforma el cierre sur en la parte alta de la cuenca del río Bolo. Los páramos de Mendoza y Meridiano conforman un sistema de páramos contiguos y extensos de características litológicas y geomorfológicas similares correspondientes a un relieve de Cumbre de artesas, cumbres andinas (MN5-63g) desarrollado sobre un complejo de rocas ígneas intrusivas y metamórficas de bajo a alto grado, Figura 60. Este tramo presenta baja actividad morfodinámica.

**Figura 60 unidades geomorfológicas entre Vértices VTAPF039AB (R1 = T263) – R3A (T278-V2 y T279-V2)**



Fuente: Consultoria Colombiana S.A., 2014

**Foto 197 Panorámica del relieve de montañas fluvio-glaciares en el Páramo de Mendoza, localizado atrás y a la derecha del vértice R3A (T278-V2)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 198 Vista panorámica de la cuenca alta del río Bolo, tomada desde el borde sur oriental en el cierre de la cuenca, donde se ubica el vértice R3A (T278-V2)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Vértice R3A (T278-V2 y T279-V2) – sitio de torre 283-V2**

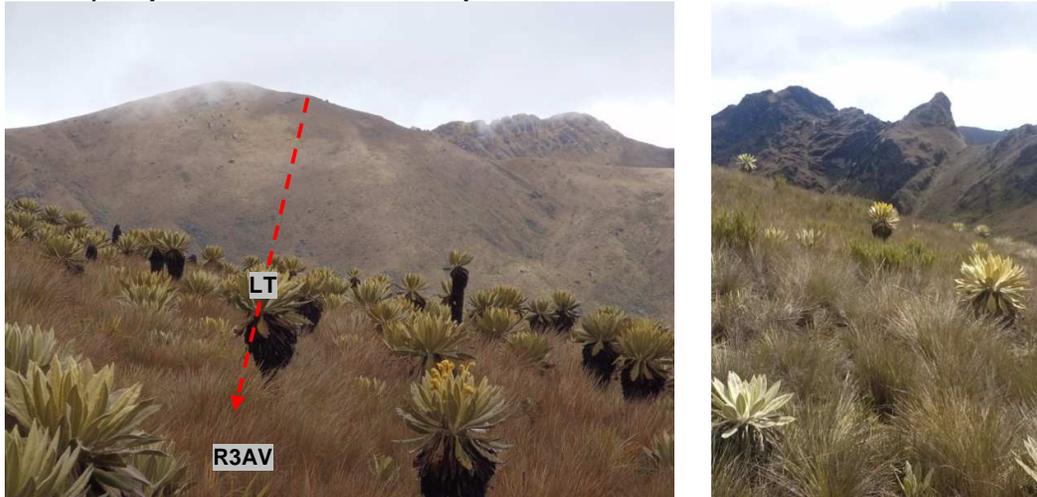
Entre los sitios de torre T278-V2 y 283-V2, se cruza por un paisaje de montañas fluvio-glaciares, con relieves de cumbres y artesas y desarrollo de laderas de artesas y circos (MN5-63e,f,g). En el sitio de torre 278-V2, se cuenta con una ladera uniforme, convexa, de longitud extremadamente larga (mayor a 2.500 m), pendientes lateral y longitudinal suaves (<10%); no se observaron bloques rocosos, ni afloramientos; tampoco rasgos erosivos ni afectación por procesos de remoción en masa, Foto 199. En la Foto 200 se observa el paisaje de montañas fluvio-glaciares, fuertemente escarpadas, de formas subredondeadas y aserradas.

**Foto 199** Detalles de la ladera donde se ubica el vértice R3AV (T278-V2)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014 (MJ: P6010005 a P6010015)

**Foto 200** Montañas fluvio-glaciares localizadas atrás y a la derecha del vértice R3AV (T278-V2); la posición de la línea es aproximada



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014 (LMC: P6010844, JB: CAM00350)

Entre los sitios de torre 280-V2 y 281-V2, se cruza por una zona de depósitos coluviales, fluvio-glaciares (MN15-62e), ver Foto 200. Este sector corresponde a una zona plana a suavemente ondulada en la cima (Foto 201) de una ladera fuertemente escarpada, donde predomina una cobertura de bloques rocosos, centimétricos a métricos.

**Foto 201 Vista de la zona donde se localiza el vértice R4V (T281-V2)**



MJ: P6020016, P6020018  
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

**Foto 202 Aspectos del depósito fluvio-glaciar (Qfg) donde se localiza el vértice R4V (T281-V2)**

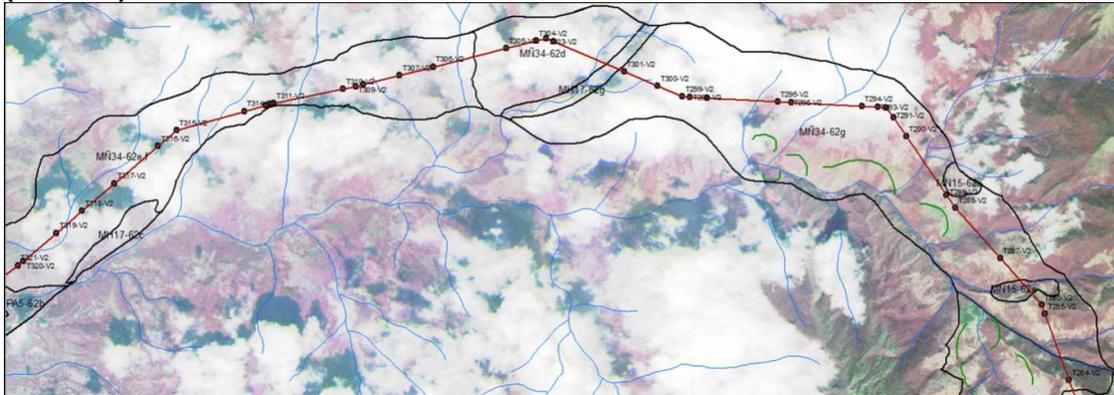


MJ: P6020020, P6020025  
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

• **Sitio de torre 284–V2a vértice R12V (T320-V2)**

Entre los sitios de torre 284-V2 y 321-V2(vértice R12V), se cruza un paisaje de montañas fluvio erosionales (MÑ34-62e,f); el relieve dominante es de laderas en filas, vigas y crestas ramificadas; como formas del terreno predominan cornisas y hombreras, el índice de relieve es alto y la longitud de las laderas varía de larga a muy larga (>1000 m), Figura 61.

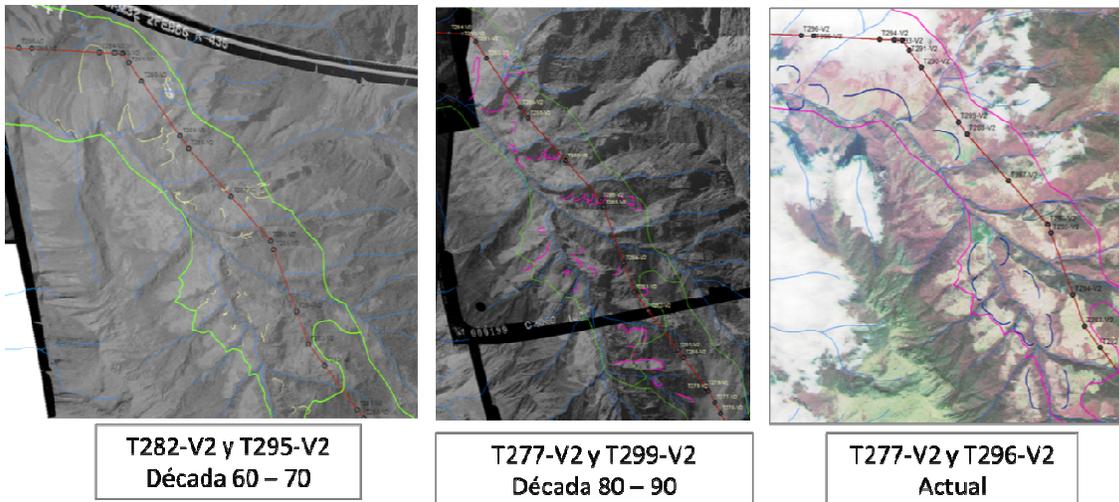
**Figura 61 Unidades Geomorfológicas entre el sitio de torre 284-V2 y vértice R12V (T320-V2)**



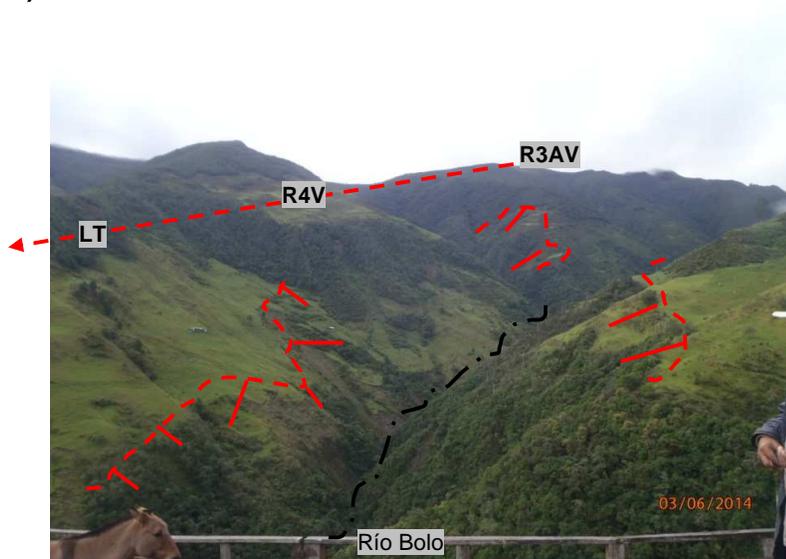
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

Las laderas de ambas vertientes del río Bolo Blanco, son de alta susceptibilidad erosiva y a procesos de remoción en masa, denotada por la recurrente presencia de coronas y deslizamientos con corrimientos activos que predominan hasta aproximadamente 300 a 400 m arriba del nivel base del río (Foto 204). Entre los sitios de torre 282-V2 – 296 – V2, se evidencia alta actividad morfodinámica de alta actividad morfodinámica, caracterizado por la presencia de deslizamientos activos e inactivos, desde la década 60-70 hasta la fecha actual, Foto 203.

**Foto 203 Actividad morfodinámica tramos T282-V2 – T299-V2**



**Foto 204 Cañón del río Bolo Blanco con intensa actividad erosiva (posición de la línea aprox.)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014 (MJ: P6030030)

A 20 m a la izquierda y abajo del sitio del vértice R6V (sitio de torre 288-V2), el terreno presenta afectación por terracetos, patas de vaca y desprendimientos (Foto 205), con moderado grado de erosión.

**Foto 205 Afectación por solifluxión plástica (terracetos y patas de vaca) 20m abajo del sitio del vértice R6V (sitio de torre 288-V2)**



MJ: P6040066 a P6040068

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El vértice R9V (sitio de torre 303-V2) se ubica en la cima del cerro Los Pinos, límite entre las veredas El Retiro y Bolo Azul. La cima es de pendiente subhorizontal, en el punto seleccionado para el vértice es angosta (Foto 206); en el sitio no se observaron bloques rocosos, afloramientos, rasgos erosivos ni procesos de remoción en masa; la forma de terreno que predomina son laderas moderadamente larga (250 - 500 m) e irregulares, e índice de relieve alto.

**Foto 206 Vista del vértice R9V (sitio de torre 303-V2), cima del cerro Los Pinos**



MJ: P6060107, P6060105  
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

El cerro Los Pinos es de laderas fuertemente escarpadas, afectadas por frecuentes escalonamientos y desprendimientos del terreno, a manera de terracetos y patas de vaca, rasgos observados por el camino de acceso al sitio, a la izquierda y por debajo de la línea.

El ambiente morfogenético es fluvio gravitacional, el tipo de relieve corresponde a filas, vigas y crestas ramificadas (MÑ34 – 62 ef, fg), con laderas como formas predominantes, el índice de relieve es alto y las laderas son de longitud moderadamente larga (250 - 500 m), irregulares.

El vértice R11V (sitio de torre 315-V2) está ubicado a media ladera cerca de la cima de un cerro de altura media; las pendientes lateral y longitudinal del terreno varían entre el 10% y el 20%; no se observaron bloques rocosos, afloramiento, tampoco rasgos erosivos ni procesos de remoción en masa (Foto 207); en los alrededores y por el camino de acceso al sitio del vértice, se presentan terracetos y patas de vaca en los terrenos localizados a la izquierda y por debajo de la línea, pero de poca frecuencia por cuanto la zona cuenta con adecuada protección vegetal.

**Foto 207 Vista del vértice R11V (T315-V2)**

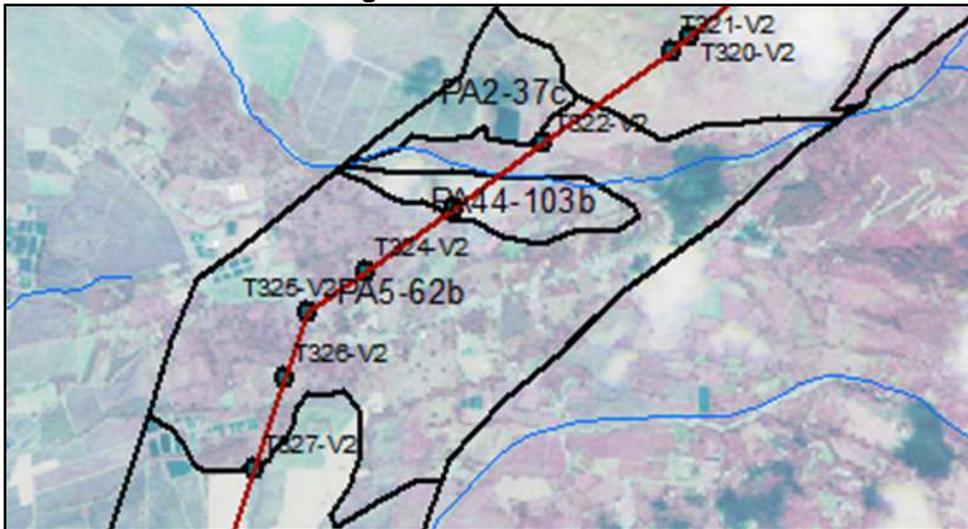


MJ: P5300083, P5300087  
Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

• **Sitio de torre 322-V2 a 327-V2**

Esta es una zona de cambio morfológico radical de un paisaje de montañas fluvio gravitacionales a un paisaje de piedemonte aluvial con presencia de abanicos aluviales que corresponden a diferentes eventos morfodinámicos en la región. En esta zona se delimitó un sector de abanicos aluviales recientes (PA5-62b), se cruzan también depósitos aluviales del río Bolo (PA44-103b), ver Figura 62. Pendientes planas a ligeramente inclinadas, en sectores con un aumento ligero en la pendiente, haciéndose moderadamente inclinados e irregulares (Foto 208).

**Figura 62 Unidades Geomorfológicas entre sitios de torre 322-V2 a 327-V2**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

**Foto 208 Vértice R13V (sitio de torre 325-V2), en abanico aluvial moderadamente inclinado**



LMC: P5050925, P5050928

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

El ambiente morfogenético es depositacional, con desarrollo de un paisaje de piedemonte aluvial, el tipo de relieve corresponde a abanicos aluviales ubicados entre los abanicos

aluviales recientes y los grandes abanicos aluviales subrecientes (PA5-62C, PA6-37b, PA2-37A), el índice de relieve es muy bajo.

- **T327-V2 a T391 Cruce de depósitos coluvio aluviales (Qca/Qaa) y depósitos aluviales (Qal), asociados al piedemonte de la vertiente occidental de la Cordillera Central y depósitos del río Cauca**

La línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV, en la vertiente occidental de la Cordillera Central, se caracteriza por atravesar un amplio paisaje de piedemonte aluvial y llegar al valle aluvial del río Cauca, en el municipio de Cali, el cual en esta zona es de baja amplitud, debido a que hace parte de la cuenca alta del río Cauca.

Se cruzan abanicos aluviales recientes y subrecientes, de pendientes planas a ligeramente inclinadas (0-8%); estos terrenos se encuentran cultivados en su totalidad en caña de azúcar, Foto 209 y Foto 210.

**Foto 209 Paisaje de Piedemonte aluvial, con relieve de abanicos aluviales (PA2-37), GPS 162**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 210 Paisaje de Piedemonte aluvial, relieve de abanicos aluviales (PA2-37), GPS 164**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Hacia el sur del municipio de Florida, se observaron cambios en la morfología de los abanicos aluviales, con un aumento ligero en la pendiente, haciéndose moderadamente inclinado (5-7%), ver Foto 211 y Foto 212.

**Foto 211 Al fondo, cambio morfológico hacia el E, donde la pendiente se hace ligera a moderadamente inclinada (5-7%), GPS 167**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 212 Relieve moderadamente inclinado (10%), GPS 168**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En este mismo paisaje de piedemonte aluvial, se cruzan unidades de relieve asociadas a drenajes provenientes de la vertiente occidental de la Cordillera Central, como la que se muestra en la Foto 213, que corresponde a la vega del río Las Cañas (Foto 214).

**Foto 213 Plano aluvial río Las Cañas (GPS 165)**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Foto 214 Río Las Cañas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Vértice VTAF042N (T354 – T391). Cruce de depósitos coluvio aluviales (Qca/Qaa) y depósitos aluviales (Qal), asociados al piedemonte de la vertiente occidental de la Cordillera Central**

Los vértices VTAF042N (T356-V2) – VTAF045 (T357-V2) se identificaron como vegas de quebradas que cruzan el relieve de abanicos aluviales, pero por su tamaño se consideran no cartografiables a la escala de trabajo.

Los vértices VTAF042N (T354) y VTAF043N (T360) están en terreno plano a ligeramente inclinado, con cobertura de pastos, estables, sin evidencias de procesos erosivos (Foto 215 y Foto 216); el vértice VTAF044N (T380) se localiza en medio de un cultivo de caña de azúcar (Foto 217). El VTAF045 (T385) es de relieve plano (0-3%) ubicado cerca de la vega del río Cauca, Foto 218.

**Foto 215 Ubicación VTAF042N (T354), GPS 171**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 216 Ubicación VTAF043N (T360), GPS 172**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 217 Ubicación VTAF044N (T380), GPS 173**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 218 Ubicación 130 m al SE del vértice VTAF045 (T385), GPS 173**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Vértices VTAF A046 (T400) – VTAF A047 (T408) y Subestación Alférez**

Los vértices VTAF A046 (T400) – VTAF A047 (T408) y la Subestación Alférez están en la sobre vega, del plano inundable del valle aluvial del río Cauca, margen izquierda, Valle de Lili, municipio de Cali (Va4-104).

El vértice VTAF A046 (T400), Foto 219Foto 219; VTAF A046A (T404), Foto 220; vértice VTAF A046B (T406), Foto 221 y VTAF A047 (T408), Foto 222, se ubican en terrenos de relieve plano (0-3%), muy amplios y estables.

**Foto 219 Ubicación de Vértice VTAF A046 (T400), GPS 178**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 220 Ubicación de Vértice VTAF A046A (T404), GPS 177**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 221 Ubicación vértice VTAF046B (T406), GPS 175**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 222 Vértice VTAF047 (T408), GPS 176**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.2 Suelos

El suelo es el conjunto de los horizontes cercanos a la superficie y el material rocoso presente después de los mismos, que a raíz de diversas interacciones en el tiempo entre clima, relieve, material parental y organismos vivos se han visto alterados. Como compuesto de materia orgánica y mineral que cubre gran parte de la superficie terrestre es el medio donde se alberga materia viva y a su vez ofrece sostén a la vegetación en condiciones naturales y en situaciones de intervención humana.

Entre las funciones del recurso suelo dentro de los ecosistemas tenemos: que acepta, mantiene y libera agua a las plantas, cursos de agua y capas subterráneas; sostiene y estimula el crecimiento radicular; responde al manejo y ofrece resistencia a la degradación y mantiene hábitats satisfactorios para la biota del suelo (IDEAM 2014).

Las funciones del suelo mencionadas anteriormente justifican la importancia del estudio y análisis del mismo, dentro del marco de la caracterización biofísica y la formulación de acciones encaminadas al uso y manejo de acuerdo a sus características, actual estado y uso y en función a las actividades que se desarrollaran durante la ejecución del proyecto.

A continuación se presenta los temas que se abordaran en la caracterización de los suelos para el presente documento.

- Caracterización de los suelos
- Uso potencial de los suelos
- Uso actual de los suelos
- Conflicto de uso de los suelos

### 3.2.2.1 Caracterización de los suelos

Los suelos encontrados en el área de estudio se agrupan en unidades cartográficas de suelos, las cuales están definidas como “el conjunto de todas las delineaciones o polígonos de suelos identificados por un mismo símbolo, cuya nomenclatura ha sido previamente establecida” (USDA 1985). Cada unidad cartográfica difiere en algún aspecto de todas las otras y pueden estar constituidas por uno o más componentes (tipos de suelos). Para mostrar la relación que existen entre estos tipos de suelos se emplean cuatro tipos de unidades cartográficas.

**Consociación:** unidad geográfica en que predomina un solo tipo de suelo y por suelos similares, donde al menos el 50% de cada delineación está constituida por el suelo que provee el nombre a esta unidad cartográfica. La mayoría de los suelos restantes son tan similares al dominante que las interpretaciones mayores no serán afectadas significativamente, las inclusiones de suelos distintos no son superiores al 15 %.

**Asociaciones y Complejos:** consiste en dos o más grupos de suelos que ocurren con un patrón regularmente repetido, los principales componentes son suficientemente diferentes en la morfología o comportamiento que la unidad cartográfica no puede ser denominada consociación.

**Grupos indiferenciados:** Consiste en dos o más grupo de suelos que no están consistentemente asociados geográficamente y que por tanto no siempre se encuentran juntos en la misma unidad cartográfica

La información empleada para realizar la caracterización de las unidades cartográficas de suelos y uso potencial proviene de los estudios generales departamentales de suelos, con su respectiva cartografía presentada a escala 1:100.000:

- Estudio General de Suelos del Departamento del Huila (Tomo I y II).
- Estudio General de suelos y Zonificación de Tierras Departamento del Tolima.
- Levantamiento de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Valle del Cauca.

• **Unidades cartográficas de suelos en el área de influencia indirecta**

Debido a la heterogeneidad de la zona y la diferencia de años de publicación entre las fuentes, para efectos prácticos se divide el área de estudio en tres zonas, la zona uno (1) hace referencia a los municipios de Tesalia, Iquira, Teruel, Palermo y Santa María (Huila) la zona dos (2) involucra los municipios de, Planadas y Rioblanco (Tolima) y la zona (3) abarca los municipios de Florida, Candelaria y Cali (Valle del Cauca).

En la Tabla 29 se presentan las unidades cartográficas que se han identificado en cada una de las zonas, el municipio donde se encuentra y el área de cobertura en hectáreas y porcentaje por zona.

El área de influencia indirecta del proyecto abarca 30.260,09 hectáreas de las cuales el 33,31% hacen parte de la jurisdicción del departamento del Huila, el 34,57% pertenecen al departamento del Tolima y el 32,12% corresponden al departamento del Valle del Cauca.

**Tabla 29 Distribución de las unidades cartográficas de suelo (All)**

Departamento	Municipio	Unidad Cartográfica de suelos	Área Hectáreas		Porcentaje %
HUILA	Íquira	CA, LXAe3, MXAd2p, MXCf2, MXDd, PXAb, PXDb1, PXGc2, VXBa	234	100	33,31
	Paicol	MXEg2, PXAb, PXEc2, Ríos	7,40		
	Palermo	MLBf, MQDf, MRAe2, VXEa	18,69		
	Santa María	MQAf2, MQCe1, MQDf2 <sup>110</sup> , QJg1, MQMb	113		
	Teruel	LXAe3, MLBf, MQAf2, MQDf2, MRAe2, PXDb1	2,07		
	Tesalia	MXAd2p, MXCf2, MXEg2, PXAb, PXDb1, PXEc2, VXDd, Ríos	242		
TOLIMA	Planadas	MKCe1, MKEf, MQDf1, MQJg1, MQMb, MQNd1	7,43	104	34,57
	Rioblanco	MDBe, MDBf, MGBf, MKDf1, MKEf, MKIb, MQDf1	251		
VALLE DEL CAUCA	Cali	MLCf, PWDa, RWBa, WDai, Ríos	2,18	971	32,12
	Candelaria	PWBa, PWCbp, PWDa, PWJa, RWAa, RWDai, Ríos	164		
	Florida	PWBa, PWCbp, PWDa, PWEa, PWFb, PWGa, PWJa, RWAa	2,24		
	Pradera	MEAg, MGAf, MGBd, MKCf2, MLAf1, MLCe2, MLCf2, MLDf2, MQDf2_vc <sup>111</sup> , MQHcp, MQIbp, MRDf3, PWBa, PWDa, PWFb, PWGa, PWJa	650		

<sup>110</sup> La unidad cartográfica MQDf2 ha sido identificada en el Departamento del Huila y Valle del Cauca con características diferentes debido a estudios realizados en épocas diferentes y para cada uno de los departamentos, por lo anterior la unidad correspondiente al Valle del Cauca ha sido identificada como MQDf2\_vc.

<sup>111</sup> Idem

Departamento	Municipio	Unidad Cartográfica de suelos	Área Hectáreas		Porcentaje %
<b>Total</b>			<b>302 60,09</b>	<b>302 60,09</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

### Departamento del Huila - Zona 1

En la Tabla 30 se relaciona el clima y el paisaje identificado para las unidades cartográficas presentes en la Zona 1 correspondiente al área de estudio en el departamento del Huila.

**Tabla 30 Unidades cartográficas de suelos de la Zona 1 (Huila)**

Paisaje	Clima	Unidades Cartográficas de Suelos (UCS)
<b>Montaña</b>	Cálido muy seco	MXAd2p, MXCf2, MXDd, MXEg2
	Medio seco	MRAe2
	Templado- húmedo	MQAf2, MQCe1, MQDf2, MQJg1, MQMb
	Frio húmedo	MLBf,
<b>Piedemonte</b>	Cálido muy seco	PXAb, PXGc2, PXEc2, PXDb1
<b>Valle</b>	Cálido muy seco	VXBa, VXDd, VXEd
<b>Lomerío</b>	Cálido muy seco	LXAe3

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014

Esta Zona comprende el área de estudio entre los municipios de Tesalia, Iquira, Teruel, Palermo (Huila) y corresponde al 33,31% del área total del proyecto. La morfografía del terreno clasifica las unidades cartográficas en tres paisajes: Montaña con 7.493,57 hectáreas, con climas cálidos muy seco, templados-húmedos y fríos húmedos; Piedemonte con un área de 1.235,21 hectáreas; Lomerío con 943,10 hectáreas y Valle con 350,49 hectáreas, los tres anteriores con clima cálido muy seco.

A continuación se presenta la descripción de cada una de las unidades cartográficas presentes en la zona 1 en términos de paisaje, clima, tipo de relieve, unidad cartográfica y componente taxonómico.

### **Descripción de las unidades de suelos**

#### Suelos de montaña con clima cálido muy seco

##### **Asociación MXAd2p**

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MXA cuyos componentes taxonómicos son: Typic Haplustoll, Typic Ustropepts. Suelos de buen desarrollo pedogenético, presenta relieve fuertemente ondulado y fuertemente escarpado, con pendientes 12-25%, superficiales a moderadamente profundos, están limitados por arcillas compactadas o por

la rocas en las áreas de mayor pendiente, posee drenaje natural excesivo a bien drenado, erosión moderada y pedregosidad.

#### Asociación MXCf2

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MXC la cual presenta la asociación de los componentes taxonómicos: Typic Ustorthents, Lithic Haplustolls, Typic Ustropepts y Afloramientos rocosos. Suelos poco evolucionados con régimen de humedad ústico de temperatura isohipertermico presentan una profundidad efectiva que varía de superficial a muy superficial limitados por roca o arcillas compactas, presentan un relieve moderadamente escarpado, erosión moderada y pendientes 50-75%.

#### Asociación MXDd

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MXD integrada por los suelos Ustic Humitropepts y Ustic Dystropepts. Suelos moderadamente profundos y superficiales limitados por piedras y cascajos que han evolucionados bajo régimen de humedad ústico y régimen de temperatura isohipertermico presentan drenaje natural excesivo a bueno, relieve fuertemente inclinado y pendientes 12-25%.

#### Grupo Indiferenciado MXEq2

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MXE el cual se encuentra formado por Afloramientos Rocosos y Lithic Ustorthents. Suelos que han evolucionados bajo régimen de humedad ústico y de temperatura isohipertermico con desarrollo pedogenético muy incipiente, son suelos muy superficiales y de drenaje excesivo con relieve fuertemente escarpado, erosión moderada y pendientes mayores de 75%

### **Suelos de montaña con clima medio seco**

#### Asociación MR Ae2

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MRA la cual se encuentra formada por los suelos Lithic Ustorthents, Ustic Dystropepts y Typic Haplustolls con pendiente 25 a 50% relieve fuertemente quebrado, ondulado y fuertemente escarpado, erosión moderada y severa, superficiales y moderadamente profundos, bien drenados, de fertilidad baja, ácidos y neutros.

### **Suelos de montaña con clima templado húmedo**

#### Asociación MQ Af2

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MQA:, conformada por suelos Oxid Dystropepts, Typic Troorthents y Lithic troorthents. Suelos con pendientes de 50 a 75% relieve moderadamente escarpado, presencia de laderas largas y rectilíneas; erosión ligera a moderada, suelos muy superficiales moderadamente profundos, de reacción muy ácida, erosión moderada.

### Asociación MQCe1

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MQC, integrado por suelos Typic Humitropepts y Typic Hapludands. Suelos con pendiente 25 a 50% presenta un relieve fuertemente quebrado con sectores quebrados, laderas largas y rectilíneas ligeros a moderadamente erosionados y con algunos sectores fuertemente erosionados, suelos superficiales y moderadamente profundos, ácidos, moderada a baja fertilidad.

### Asociación MQDf2

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MQD y se encuentra formada por suelo Typic Hapludolls, Typic Eutropepts y Typic Troporthents. Estos suelos se encuentran sobre pendiente que están entre 50 a 75% con relieve moderadamente escarpado y con laderas largas y rectilíneas ligera a moderadamente erosionados y sectores fuertemente erosionados, suelos moderadamente profundos y superficiales, saturados, fertilidad alta y moderada.

### Asociación MQJq1

Esta fase se encuentra dentro de la consociaciónMQJ, está formado por los suelos Typic Troporthents, relieve fuertemente quebrado y fuertemente escarpado de laderas largas y rectilíneas; erosión ligera a moderada, superficiales a muy superficiales, bien a excesivamente drenados, no evolucionados, fuertemente ácidos, de fertilidad baja, con pendiente mayor al 75%.

Esta unidad de suelo se presenta en el departamento del Tolima (límite entre Tolima y Huila) y extiende un brazo hacia el departamento del Huila en cuyo estudio de suelos no se encuentra caracterizado. Por lo anterior se tomó la caracterización del Tolima, teniendo en cuenta que es una extensión de dicha unidad.

### Asociación MQMb

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MQM cuyos componentes están dados por la asociación de suelosFluvaquentic Eutropepts, Typic Tropofluvents y Fluventic Eutropepts. Suelos con pendientes de 3 a 7%, con relieve plano y ligeramente inclinado, suelos superficiales a moderadamente profundos, de reacción neutra, fertilidad alta y moderada.

## **Suelos de montaña con clima frío húmedo**

### Asociación MLBf

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MLB y se encuentra conformada por la asociación de suelos Typic Humitropets, Typic Troporthents y Typic Hapludands. Suelos con pendiente 50 a 75% relieve quebrado y fuertemente escarpado, parcialmente cubierto por cenizas volcánicas; sectores con erosión moderada, superficiales a profundos; con alto contenido de aluminio, ácidos y ricos en materia orgánica, fertilidad baja.

## ***Suelos de piedemonte con clima cálido muy seco***

### ***Asociación PXGc2***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación PXG cuyas componentes son suelos Ustoxic Humitropepts-Ustic y Dystropepts. Suelos con pendiente entre 7 a 12%, erosión moderada, relieve moderadamente ondulado, moderadamente erosionado, superficiales y moderadamente profundos, bien a excesivamente drenados y fertilidad baja.

### ***Asociación PXAb***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación PXA cuyas características son: Asociación formada por los suelos Typic Ustropepts y Fluventic Haplustolls, pendiente 3 a 7%, relieve ligeramente inclinados, moderadamente erosionados, moderadamente profundos a profundos, pedregosos, saturados, bien drenados, de fertilidad moderada.

### ***Asociación PXEc2***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación PXE cuyos componentes de suelo son Lithic Ustorthents y Typic Ustorthents, pendiente 7 a 12% relieve moderadamente ondulado, erosión moderada, suelos superficiales y muy superficiales, bien y excesivamente drenados, pedregosos, neutros y de baja fertilidad.

### ***Asociación PXDb1***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación PXD y está formada por la asociación de los suelos Typic Haplustalfs, Typic Ustropepts, Typic Argiustolls, pendiente 3 a 7% relieve ligeramente inclinado, erosión ligera, suelos superficiales y profundos, bien drenados, alcalinos, de fertilidad moderada.

## ***Suelos de valle con clima cálido muy seco***

### ***Complejo VXBa***

Esta fase se encuentra dentro del complejo VXB, está formado por los suelos Fluventic Ustropepts y Aquic Ustropepts, presenta pendientes que van de 0 a 3% con un relieve plano a ligeramente plano y ligeramente ondulado con sectores ligeramente erosionados, profundos y moderadamente profundos, bien e imperfectamente drenados, ligeramente ácidos y neutros, de fertilidad media.

### ***Asociación VXDa***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación VXD y está formado por los suelos Typic Ustropepts, Typic Ustipsamments y Tropic Fluvaquents con pendiente 0 a 3%, relieve plano a ligeramente inclinado, ligera y moderadamente erosionado, superficiales y moderadamente profundos, arcillosos con gravilla, bien y pobremente drenados,

### ***Asociación VXEa***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación VXE, formada por los suelos Typic Haplustolls. Typic Natrustolls e Inclusiones, pendiente 0 a 3% con relieve plano a

ligeramente planoy ligeramente ondulado con sectores inclinados, ligera y moderadamente erosionados, superficiales y muy superficiales, moderadamente profundos, bien a moderadamente bien drenados, saturados y fertilidad moderada.

**Suelos de lomerío con clima cálido muy seco**

Asociación LX Ae3

Esta fase se encuentra dentro de la asociación LXA, formada por los suelosEntic Haplustoll, Typic Ustorthents y Lithic Ustorthents, cuya pendiente es de 25 a 50% con un relieve fuertemente quebrado, ondulado con erosión severa, sectores escarpados, ligera a severamente erosionados, superficiales a muy superficiales, ligeramente ácidos, bien drenados, de fertilidad moderada.

**Departamento del Tolima – Zona 2**

La Zona 2 hace referencia a los municipios de Planadas y Rioblanco en el departamento de Tolima, abarca un 34,57% del área total del proyecto con 10.460,59 hectáreas y donde predominan los paisajes de montaña con climas fríos húmedos (Ver Tabla 31). Es un área con topografía agreste y con mediano grado de intervención antrópica,

**Tabla 31 Unidades cartográficas de suelos en la zona Dos (2) del área de estudio**

Paisaje	Clima	Unidades Cartográficas (UCS)
Montaña	Extremadamente frío pluvial	MDBe, MDBf
	Muy frío, muy húmedo	MGBf
	Frío muy húmedo	MKCe1, MKDf1, MKEf, MKIb
	Frio húmedo	MQJg1
	Medio húmedo y muy húmedo	MQDf1, MQMb, MQNd1

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2014.

**Suelos de montaña con clima extremadamente frío pluvial**

Asociación MDBe y MDBf

Esta fase se encuentra dentro dela asociaciónMDB la cual se encuentra conformada por la asociación de los suelos:Lithic Cryorthents y Afloramientos Rocosos, presenta relieve quebrado a escarpado, con pendientes rectas y largas de 25-50%. Los materiales geológicos dominantes son los piroclastos, las andesitas y las rocas metamórficas (Esquistos). Suelos superficiales, bien drenados, de texturas gruesas, ácidos y de baja fertilidad.

**Suelos de montaña con clima muy frío, muy húmedo**

Grupo indiferenciado MGBf

Esta fase se encuentra dentro del grupo indiferenciado MGBf formada por Lithic Troportments, Lithic Hapludands y Lithic Tropofolists; tiene un relieve escarpado a muy escarpado, con pendientes rectas y largas de 50 a 75% y mayores; en algunos sectores muy localizados se presenta erosión hídrica ligera. Suelos muy superficiales y moderadamente profundos, bien drenados, ácidos, muy ricos en materia orgánica y de

fertilidad baja. Los materiales geológicos dominantes son tonalitas y andesitas con recubrimiento de cenizas volcánicas. Esta área corresponde a la zona de vida de bosque pluvial montano; la vegetación natural es arbórea intervenida y herbácea en algunos sectores.

### ***Suelos de montaña con clima frío muy húmedo***

#### ***Asociación MKCe1***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MKC: formada por la asociación de Alic Hapludands, Typic Dystropepts y Typic Troorthents. Los suelos se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre tonalitas; tiene un relieve fuertemente ondulado a quebrado, de pendientes largas que alcanzan gradientes hasta un 75%. Suelos profundos y moderadamente profundos, de texturas medianas, ácidos, ricos en materia orgánica y de fertilidad moderada.

#### ***Consociación MKDf1***

Esta fase se encuentra dentro de la consociación MKD:Typic Troorthents. Esta unidad cartográfica se localiza en paisaje de montaña, en tipo de relieve de filas y vigas; tiene relieve escarpado y pendiente entre 50 a 75% relieve escarpado, erosión ligera, superficiales, bien a excesivamente drenados, de texturas medias, ácidos de contenidos medios en materia orgánica y de fertilidad baja, ubicado en la zona de vida del bosque muy húmedo montano bajo.

#### ***Asociación MKEf***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MKEf y está formado por los suelos Typic Humitropepts y Typic Troorthents, con suelos profundos y superficiales, bien drenados de texturas medias; ácidos, ricos en materia orgánica y de fertilidad moderada con pendiente 50 a 75% relieve escarpado.

#### ***Consociación MKIb***

Esta fase se encuentra dentro de la Consociación MKI la cual se encuentra formada por los suelos Fluventic Humitropepts. Suelos profundos, bien drenados, de texturas medias a finas, ácidos; ricos en materia orgánica y de fertilidad moderada con pendiente 3 a 7% relieve ligeramente inclinado.

### ***Suelos de montaña con clima frío húmedo***

#### ***Consociación MQJg1***

Esta fase se encuentra dentro de la consociación MQJ, está formado por los suelos Typic Troorthents, relieve fuertemente quebrado y fuertemente escarpado de laderas largas y rectilíneas; erosión ligera a moderada, superficiales a muy superficiales, bien a excesivamente drenados, no evolucionados, fuertemente ácidos, de fertilidad baja, con pendiente mayor al 75%.

## **Suelos de montaña con clima medio húmedo y muy húmedo**

### Asociación MQDf1

Esta fase se encuentra dentro de la asociación: Typic Hapludolls-Typic Eutropepts-Typic Troporthents; Relieve fuertemente quebrado y fuertemente escarpado, con laderas largas y rectilíneas ligera a moderadamente erosionados y sectores fuertemente erosionados, suelos moderadamente profundos y superficiales, saturados, fertilidad alta y moderada, con pendiente 50 a 75%.

### Asociación MQMb

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MQM cuyos componentes están dados por la asociación de suelos Fluvaquentic Eutropepts, Typic Tropofluvents y Fluventic Eutropepts. Suelos con pendientes de 3 a 7%, con relieve plano y ligeramente inclinado, suelos superficiales a moderadamente profundos, de reacción neutra, fertilidad alta y moderada.

Esta unidad de suelo se presenta en el departamento del Huila (límite entre Huila y Tolima) y extiende un brazo hacia el departamento del Tolima en cuyo estudio de suelos no se encuentra caracterizada. Por lo anterior se tomó la caracterización del Tolima, teniendo en cuenta que es una extensión de dicha unidad.

### Asociación MQNd1

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MQN, la cual está conformada por los suelos Typic Eutropepts y Typic Dystropepts, suelos moderadamente profundos, bien drenados de texturas finas a medias, ácidos a ligeramente ácidos y de fertilidad baja a moderada, con pendiente 12 a 25% relieve moderado a fuertemente ondulado, erosión ligera en algunos sectores. El material parental está constituido por arcillolitas.

## **Departamento Valle del Cauca – Zona 3**

Como se presenta en la Tabla 32, la zona 3 se presenta paisajes de montaña con climas extremadamente frío pluvial, Muy frío, Muy húmedo y húmedo, Frío muy húmedo, Frío húmedo, Medio y húmedo, Medio y seco; Piedemonte y Planicie con climas cálido seco. Abarca un 32,12% del área total del proyecto con 9.719,49 hectáreas.

**Tabla 32 Unidades cartográficas de suelos en la zona tres (3) del área de estudio**

<b>Paisaje</b>	<b>Clima</b>	<b>Unidades Cartográficas (UCS)</b>
<b>Montaña</b>	Extremadamente frío pluvial	<i>MEAg</i>
	Muy frío, muy húmedo y húmedo	<i>MGAf, MGBd</i>
	Frío muy húmedo	MKCf2
	Frío húmedo	MLAf1, MLCe2, MLCf, MLCf2, MLDf2
	Medio y húmedo	MQDf2, MQHcp, MQIbp
	Medio y seco	MRDf3

Paisaje	Clima	Unidades Cartográficas (UCS)
Piedemonte	Cálido seco	PWBa, PWCbp, PWDa, PWEa, PWFb, PWGa, PWJa
Planicie	Cálido seco	RWAa, RWBa, RWDai

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### ***Suelos de montaña con clima extremadamente frío pluvial***

#### ***Inasociación (Complejo-Complejo) MEAg***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MEA, cuyos componentes son Afloramientos Rocosos, Lithic Cryorthents, Lithic Fulvicryands y Typic Haplocryands, se encuentra en relieves moderados y fuertemente escarpados con pendientes mayores del 75%, en alturas mayores a 3.600 msnm, temperaturas menores a 8°C, alta nubosidad, fuertes vientos, poca exposición solar; De acuerdo a la clasificación de Holdridge los suelos de esta unidad corresponden a la zona de vida denominada bosque pluvial Montano (bp-M). Los suelos se han originado de rocas metamórficas de bajo grado (esquistos) y/o rocas ígneas de cuarzodiorita cubiertas parcialmente por depósitos piroclásticos de ceniza volcánica.

### ***Suelos de montaña con clima muy frío, muy húmedo y húmedo***

#### ***Inasociación (Complejo-Complejo) MGAf***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MGA, la cual está formada por los suelos Typic Hapludands, Lithic Udorthents y Afloramientos Rocosos, fase moderadamente escarpada. Geomorfológicamente corresponde a filas y vigas de montaña fluvio glacial, temperaturas menores a 12°C, alta nubosidad, fuertes vientos, poca exposición solar, precipitaciones anuales menores a 2.000 mm, con distribución bimodal. El relieve es fuertemente escarpado con pendientes mayores del 50%, irregulares, largas y con moderada disección. Bien drenados, moderadamente profundos a superficiales, limitados por fragmentos de roca en la superficie y en el perfil, texturas moderadamente gruesas, gravillosas, pedregosas y moderada fertilidad.

#### ***Inasociación MGAf***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MGA, formada por los suelos Typic Hapludands, Afloramientos Rocosos y Lithic Udorthents; Moderadamente profundos a superficiales, texturas moderadamente gruesas gravillosas, pedregosas, bien drenados, muy fuerte a fuertemente ácidos, fertilidad moderada con pendiente 50 a 75% relieve escarpado.

#### ***Inasociación MGBd***

Esta fase se encuentra dentro de la Inasociación MGB, formada por los suelos Typic Hapludands, Typic Haplofibrists, Lithic Udorthents, Typic Endoaquands y Afloramientos rocosos; Suelos moderadamente profundos a superficiales, texturas moderadamente gruesas gravillosas, pedregosas, bien drenados, muy fuerte a fuertemente ácidos, fertilidad moderada, con pendiente 12 a 25% y relieve fuertemente inclinado.

## ***Suelos de montaña con clima frío muy húmedo***

### ***Asociación MKCf2***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MKC, la cual se encuentra formada por los suelos Typic Hapludands, Typic Udorthents y Typic Fulvudands. Suelos moderadamente profundos, texturas moderadamente finas moderadamente gruesas, bien drenados, fuerte a moderadamente ácidos fertilidad moderada, muy superficiales a superficiales, texturas moderadamente gruesas, cascajosas, pedregosas excesivamente, Pendiente 50 a 75% fases moderadamente escarpada, erosión moderada.

## ***Suelos de montaña con clima frío húmedo***

### ***Asociación MLAf1***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MLA, formada por los suelos Typic Hapludands, Typic Eutrudepsy Typic Hydrudands; suelos moderadamente profundos a muy profundos, bien drenados, con presencia de fragmentos de roca, texturas finas a moderadamente gruesas, moderada y alta fertilidad. Pendiente entre 80 y 75%, fases moderadamente escarpadas, erosión ligera.

### ***Asociación MLCe2***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MLC, formada por los suelos: Typic Fulvudands y Typic Udorthents; suelos muy profundos a muy superficiales limitados por la presencia de fragmentos de roca o por contacto lítico, texturas moderadamente finas, moderadamente finas gravillosas y moderadamente gruesas gravillosas. El relieve es variado, desde moderadamente quebrado ha fuertemente escarpado, con pendientes entre 25 y 50%, en laderas o cimas rectas o convexas, variada longitud y moderada disección, fases ligeramente escarpadas, erosión moderada.

### ***Asociación MLCf***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MLC, cuyos componentes son los suelos Typic Fulvudands y Typic Udorthents; suelos muy profundos a muy superficiales, texturas de moderadamente finas a moderadamente gruesas gravillosas, bien drenados, moderada a ligeramente ácidos, fertilidad alta, con pendiente de 50 a 75%, relieve escarpado.

### ***Asociación MLCf2***

Esta fase se encuentra dentro de la asociación MLC, formada por los suelos Typic Fulvudands y Typic Udorthents; suelos muy profundos a muy superficiales, texturas de moderadamente finas a moderadamente gruesas gravillosas, bien drenados, moderada a ligeramente ácidos, fertilidad alta, con pendiente de 50 a 75%, relieve moderadamente escarpado, erosión moderada.

### Asociación MLDf2

Esta fase se encuentra dentro de la asociaciónMLD, cuyos componentes formadores son los suelosTypic Hapludands, Typic Dystrudepts; suelos profundos, texturas de moderadamente finas a moderadamente gruesas, bien drenados, moderada a ligeramente ácidos, fertilidad de alta a moderada. Pendiente de 50 a 75%, relieve moderadamente escarpado, erosión moderada.

### **Suelos de montaña con clima medio y húmedo**

#### Asociación MQDf2\_vc

Esta fase se encuentra dentro de la asociaciónMQD, formada por los suelos Typic Dystrudepts y Lithic Udorthent.El relieve es moderadamente quebrado a moderadamente escarpado, erosión moderada, con pendientes entre 50 y 75%. Son bien drenados, profundos a superficiales limitados por contacto lítico o paralítico, texturas moderadamente finas, finas y finas gravilosas, moderada y alta fertilidad y algunos con alta saturación de aluminio. Fases moderadamente escarpadas, erosión moderada.

#### Asociación MQHcp

Esta fase se encuentra dentro de la asociaciónMQH, cuyos componentes formadores son los suelosTypicEutrudepts y Typic Udifluents;suelos muy superficiales a superficiales, texturas medias gravilosas, cascajosas, bien drenados, fuerte a moderadamente ácidos, fertilidad muy alta y moderada, modernamente profundos, texturas modernamente gruesas, cascajosas y pedregosas y modernamente finas, gravilosas, con pendiente de 7 a 12%, relieve escarpado. Fases ligeramente quebrada, pedregosa.

#### Complejo MQlbp

Esta fase se encuentra dentro del complejo MQlbp, formado por los suelos Entic Hapludolls y Typic Udifluents, suelos superficiales a muy superficiales, texturas medias gravilosas y moderadamente gruesas y gruesas, bien drenados, moderada a ligeramente ácidos, fertilidad moderada a alta, con pendiente de 3-7%. Fases ligeramente onduladas, pedregosas.

### **Suelos de montaña con clima medio y seco**

#### Complejo MRDf3

Esta fase se encuentra dentro del complejo MRDf3, formado por los suelos Afloramientos rocosos,Lithic UstorthentsyHumic Dystrustepts; suelos muy superficiales y muy profundos limitados por material lítico y afloramientos rocosos, texturas moderadamente finas y finas, bien drenados, ligeramente ácidos, fertilidad baja y muy baja, pendiente entre 50 y 75%. Fases moderadamente escarpadas y erosión severa.

### **Suelos de piedemonte con clima cálido seco**

#### Complejo PWBa

Esta fase se encuentra dentro del complejo PWB, formado portierra de cárcavasyTypic Durustalfs; suelos muy superficiales a superficiales, limitados por material cementado,

texturas moderadamente finas y finas, bien drenados, moderadamente ácidos a neutros, fertilidad moderada, pendiente de 0 a 3% relieve plano a ligeramente plano.

Tierras cárcavas con áreas donde la erosión, por lo general hídrica, ha formado una red de surcos de más de 1 m de profundidad en forma de U o V.

### Complejo PWCbp

Esta fase se encuentra dentro del complejo PWCbp, formado por suelos Typic Haplustolls y Udic Argiustolls; suelos moderadamente profundos a superficiales, limitados por abundantes fragmentos de roca en superficie y en el suelo, material compactado a cementado, texturas medias y moderadamente finas gravillosas, bien drenados, moderada a ligeramente ácidos, fertilidad moderada y alta, pendiente de 3 a 7% relieve ligeramente inclinado.

Las siguientes unidades se encuentran reportadas en la cartografía publicada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi pero no presenta ningún tipo de descripción, tanto en la leyenda temática, como en el estudio general departamental.

- Suelos de piedemonte con clima cálido seco: PWDa, PWEa, PWFb, PWGa, PWJa.
- Suelos de planicie con clima cálido seco: RWAa, RWBa, RWDai.

En la Tabla 33 se presentan las unidades identificadas para el área de influencia directa del proyecto en términos de paisaje, clima, tipo de relieve, unidad cartográfica de suelo, símbolo, componentes taxonómicos, principales características, fases para uso y manejo y área y porcentaje por unidad de suelo.

La unidad con mayor presencia en el área de estudio es MQDf1, en paisaje de montaña, clima medio húmedo y muy húmedo, suelos moderadamente profundos, bien drenados, ligeramente ácidos, de texturas medias a gruesas, muy ricos en bases y de fertilidad moderada, se encuentra en pendientes entre 50 y 75%, relieve fuertemente quebrado de tipo filar y viga y presenta erosión ligera. Abarca 3228,81 hectáreas equivalentes al 10,67% del área de influencia directa del estudio.

En segundo lugar con 3075,16 hectáreas y 10,16% del área total de estudios se encuentra el suelo PWBa, el cual corresponde a paisaje de piedemonte, clima cálido seco, relieve tipo terrazas con pendientes entre 0 y 3%, suelos muy superficiales, texturas moderadamente finas, bien drenados, ácidos a neutros y fertilidad moderada.

En tercer lugar de importancia por su extensión se encuentra el suelo MKEf con 2630,47 hectáreas equivalentes al 8,69% del área total de estudio. Corresponde a suelos de paisaje de montaña, clima frío húmedo y muy húmedo, relieve escarpado tipo filar y viga, suelos profundos y superficiales, bien drenados, de texturas medias, ácidos, ricos en materia orgánica y de fertilidad moderada.

**Tabla 33 Leyenda Unidades cartográficas de Suelos**

Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Unidad Cartográfica de Suelo	Componente Taxonómico	Principales Características de los Suelos	Fases para uso y manejo	Símbolo	Área	
								Hectáreas	Porcentaje (%)
Lomerío	Cálido seco	Colinas y lomas	Asociación	Entic Haplustolls, Typic Ustorthents, Lithic Ustorthents	Suelos superficiales, bien drenados, de texturas medianas, ligeramente ácidos, fertilidad moderada.	Pendientes 25 - 50%, erosión severa.	<b>LXAe3</b>	943,10	3,12
Montaña	Extrem. frío y muy húmedo	Filas y vigas	Asociación	Lithic Cryorthents en un 60% y Afloramientos Rocosos en un 40%	Corresponde a suelos superficiales, bien drenados, de texturas gruesas, ácidos y de baja fertilidad.	Pendientes rectas y largas entre el 25 y 50% y fuertes depresiones,	<b>MDBe</b>	417,17	1,38
						Pendientes rectas y largas de 50-75% y fuertes depresiones, relieve fuertemente quebrado y moderadamente escarpado			
Montaña	Muy frío y muy húmedo	Filas y vigas	Grupo Indiferenciado	Lithic Troporthents en un 60%, Lithic Hapludands en un 20% y Lithic Tropofolists en un 20%;	Suelos muy superficiales y moderadamente profundos, bien drenados, ácidos, muy ricos en materia orgánica y de fertilidad muy baja.	Pendientes entre 50 y 75% y mayores y relieve moderado y fuertemente escarpado.	<b>MGBf</b>	1247,76	4,12
Montaña	Extrm. Frío pluvial	Cumbres alpinas	Inasociación	Lithic Cryorthents, Lithic Fulvicryands, Typic Haplocryands y Afloramientos Rocosos		Pendientes superiores al 75%, relieve fuertemente escarpado	<b>MEAg</b>	208,92	0,69

Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Unidad Cartográfica de Suelo	Componente Taxonómico	Principales Características de los Suelos	Fases para uso y manejo	Símbolo	Área	
								Hectáreas	Porcentaje (%)
Montaña	Muy frío, muy húmedo y húmedo	Filas y Vigas	Inasociación	Typic Hapludands, Lithic Udorthents o Afloramientos Rocosos	Suelos bien drenados, moderadamente profundos a superficiales, limitados por fragmentos de roca en la superficie y en el perfil, texturas moderadamente gruesas, gravillosas, pedregosas y moderada fertilidad.	Pendientes superiores al 50%, relieve moderadamente escarpado.	<b>MGAf</b>	202,07	0,67
Montaña	Muy frío, muy húmedo y húmedo	Cumbres alpinas	Inasociación	Typic Hapludands o Typic Haplofibrists o Lithic Udorthents o Typic Endoaquands o Afloramientos rocosos	Suelos moderadamente profundos a superficiales, texturas moderadamente gruesas gravillosas, pedregosas, bien drenados, muy fuerte a fuertemente ácidos, fertilidad moderada.	Pendiente de 12 a 25% relieve ligeramente inclinado.	<b>MGBd</b>	33,83	0,11
Montaña	Frio húmedo y muy húmedo	Filas y vigas	Asociación	Alic Hapludands Typic Dystropepts Typic Troporthents	Suelos moderadamente profundos, texturas moderadamente finas moderadamente gruesas, bien drenados, fuerte a moderadamente ácidos, fertilidad moderada, muy superficiales a superficiales, texturas moderadamente gruesas, cascajosas, pedregosas excesivamente.	Pendiente de 25 a 50%, erosión ligera.	<b>MKCe1</b>	470,41	1,55
Montaña	Frio muy húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Hapludands, Typic Udorthents Typic Fulvudands.	Suelos profundos y moderadamente profundos, de texturas medianas, ácidos, ricos en materia orgánica y de fertilidad moderada.	Pendiente de 50 a 75%, relieve moderadamente escarpado, erosión moderada.	<b>MKcf2</b>	916,14	3,03
Montaña	Frio húmedo y muy húmedo	Filas y vigas	Consociación	Typic Troporthents	Suelos superficiales, bien a excesivamente drenados, de texturas medianas, ácidos, de contenidos medios en materia orgánica	Pendiente de 50 a 75%, erosión ligera.	<b>MKDf1</b>	152,99	0,51

Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Unidad Cartográfica de Suelo	Componente Taxonómico	Principales Características de los Suelos	Fases para uso y manejo	Símbolo	Área	
								Hectáreas	Porcentaje (%)
					y de fertilidad baja.				
Montaña	Frio húmedo y muy húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Humitropepts en un 45%-Typic Troporthents en un 45%	Suelos profundos y superficiales, bien drenados de texturas medias; ácidos, ricos en materia orgánica y de fertilidad moderada.	Pendiente entre 50 y 75%, relieve escarpado y erosión ligera en algunas áreas.	<b>MKEf</b>	2630,47	8,69
Montaña	Frio húmedo y muy húmedo	Abanicos	Consociación	Fluentic Humitropepts en un 55% y por un suelo similar Andic Humitropepts en un 45%	Suelos profundos, bien drenados, de texturas medias a finas, ácidos; ricos en materia orgánica y de fertilidad moderada.	Pendiente entre 3 y 7%, relieve escarpado y erosión ligera en algunas áreas.	<b>MKib</b>	221,80	0,73
Montaña	Frio húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Hapludands, Typic Eutrudepts, Typic Hydrudands	Suelos entre profundos y muy profundos, texturas de finas a moderadamente gruesas, bien drenados, ácidos y fertilidad de moderada a alta.	Pendiente de 50 a 75%, relieve moderadamente escarpado, erosión ligera.	<b>MLAf1</b>	79,67	0,26
Montaña	Frio y muy húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Humitropets Typic Troporthents Typic Hapludands	Suelos profundos, bien drenados, materia orgánica entre alto y bajo y bajo nivel de fertilidad.	Pendiente de 50 a 75%, relieve moderadamente escarpado, erosión ligera.	<b>MLBf</b>	110,32	0,36
Montaña	Frio húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Fulvudands Typic Udorthents	Suelos entre superficiales y profundos, texturas de moderadamente finas a moderadamente gruesas gravillosas, bien drenados, moderada a ligeramente ácidos, fertilidad alta.	Pendiente de 25 a 50%, relieve ligeramente escarpado, erosión moderada.	<b>MLCe2</b>	67,10	0,22
						Pendiente 50 a 75% relieve moderadamente escarpado.	<b>MLCf</b>	201,19	0,66

Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Unidad Cartográfica de Suelo	Componente Taxonómico	Principales Características de los Suelos	Fases para uso y manejo	Símbolo	Área	
								Hectáreas	Porcentaje (%)
						Pendiente 50 a 75% relieve moderadamente escarpado y erosión moderada.	<b>MLCf2</b>	485,46	1,60
Montaña	Frio húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Hapludands, Typic Dystrudepts	Suelos profundos, texturas de moderadamente finas a gruesas, bien drenados, muy fuerte a ligeramente ácidos.	Pendiente 50 a 75% relieve moderadamente escarpado y erosión moderada.	<b>MLDf2</b>	357,28	1,18
Montaña	Medio y húmedo	Filas y vigas	Asociación	Oxic Dystrypepts Typic Troporthents Lithic troporthents Inclusiones	Suelos muy profundos, bien drenados, medio a bajo contenido de materia orgánica, fertilidad moderada.	Pendiente 50 a 75% relieve moderadamente escarpado y erosión moderada.	<b>MQAf2</b>	1389,24	4,59
Montaña	Medio y húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Humitropepts Typic Hapludands	Suelos profundos, materia orgánica alta a baja, fertilidad moderada.	Pendiente 25 a 50% relieve fuertemente quebrado y erosión ligera.	<b>MQCe1</b>	1072,34	3,54
Montaña	Medio húmedo y muy húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Eutropepts Typic Tropothents Entic Hapludolls	Suelos moderadamente profundos, bien drenados, ligeramente ácidos, de texturas medias a gruesas, muy ricos en bases y de fertilidad moderada.	Pendiente 50 a 75% relieve fuertemente quebrado y moderada a fuertemente quebrado, erosión ligera.	<b>MQDf1</b>	3228,81	10,67
Montaña	Medio y húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Hapludolls Typic Eutropepts Typic Troporthents	Suelos profundos, bien drenados, contenido de materia orgánica es de bajo a alto, fertilidad de moderada a alta.	Pendiente 50 a 75% relieve moderadamente escarpado y erosión moderada.	<b>MQDf2</b>	1589,84	5,25

Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Unidad Cartográfica de Suelo	Componente Taxonómico	Principales Características de los Suelos	Fases para uso y manejo	Símbolo	Área	
								Hectáreas	Porcentaje (%)
Montaña	Medio y húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Dystrudepts, Typic Udorthents.	Suelos profundos a superficiales, texturas finas a moderadamente finas y finas gravilosas, bien drenados, fuertemente ácidos, fertilidad moderada alta.	Pendiente 50 a 75% relieve moderadamente escarpado y pedregosidad.	<b>MQDf2_vc</b>	234,22	0,77
Montaña	Medio y húmedo	Filas y vigas	Asociación	Typic Eutrodepts Typic Udifluvents	Suelos muy superficiales a superficiales, texturas moderadamente gruesas, cascajosas y pedregosas y moderadamente finas, gravilosas, bien drenados, ligeramente ácidos, fertilidad muy alta.	Pendiente 7 a 12% relieve moderadamente escarpado y erosión moderada.	<b>MQHcp</b>	0,14	0,00
Montaña	Medio y húmedo	Vallecitos coluvio-aluviales	Complejo	Entic Hapludolls, Typic Udifluvents	Suelos superficiales a muy superficiales, texturas medias gravilosas a moderadamente gruesas, bien drenados, ligeramente ácidos, fertilidad moderada a alta.	Pendiente 3 a 7% relieve ligeramente inclinado, pedregoso.	<b>MQlbp</b>	80,63	0,27
Montaña	Medio y húmedo y muy húmedo	Cañones y taludes	Consociación	Typic Troporthents	Suelos muy superficiales, excesivamente muy drenados de texturas gruesas, gravilosas, ligeramente ácidos y fertilidad baja.	Pendiente mayor a 75%, erosión ligera.	<b>MQJg1</b>	1462,02	4,83
Montaña	Medio y húmedo	Vallecitos coluvio-aluviales	Asociación	Fluvaquentic Eutropepts Typic Tropofluvents Fluventic Eutropepts	Suelos superficiales a moderadamente profundos, moderada a imperfectamente drenados, texturas variadas, baja materia orgánica, fertilidad moderada.	Pendiente entre 3-7%, relieve ligeramente inclinado..	<b>MQMb</b>	280,55	0,93

Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Unidad Cartográfica de Suelo	Componente Taxonómico	Principales Características de los Suelos	Fases para uso y manejo	Símbolo	Área	
								Hectáreas	Porcentaje (%)
Montaña	Medio y húmedo y muy húmedo	Lomas	Asociación	Typic Eutropepts Typic Dystropepts	Suelos moderadamente profundos, bien drenados, de texturas variables, ligeramente ácidos y de fertilidad baja a moderada.	Pendiente entre 12-25%, erosión ligera.	<b>MQNd1</b>	26,65	0,09
Montaña	Medio y seco	Filas y vigas	Asociación	Lithic Ustorthents Ustic Dystropepts Typic Haplustolls	Suelos superficiales a muy superficiales, drenaje bueno a excesivo, materia orgánica baja y fertilidad alta.	Pendiente entre 25-50%, relieve fuertemente quebrado, erosión moderada.	<b>MRAe2</b>	1209,79	4,00
Montaña	Medio y seco	Fila y vigas	Complejo	Afloramientos rocosos y Lithic Ustorthents - Humic Dystrustepts	Suelos superficiales y profundos a moderadamente profundos, texturas moderadamente finas, bien drenados, muy fuerte a ligeramente ácidos, fertilidad baja a muy baja.	Pendiente 50-75%, erosión severa.	<b>MRDf3</b>	350,77	1,16
Montaña	Cálido seco	Colinas y lomas	Asociación	Typic Haplustolls Typic Ustropepts Ustoxic Dystropepts (inclusión)	Suelos moderadamente profundos, materia orgánica entre alta y baja, fertilidad alta.	Pendiente 12-25%, relieve fuertemente ondulada, erosión moderada,	<b>MXAd2p</b>	393,90	1,30
Montaña	Cálido seco	Filas y vigas	Asociación	Typic Ustorthents Lithic Haplustolls Typic Ustropepts Afloramientos rocosos	Suelos superficiales, contenido de materia orgánica baja, fertilidad baja.	Pendiente 50-75%, relieve moderadamente escarpado, erosión moderada.	<b>MXCf2</b>	1215,94	4,02
Montaña	Cálido muy seco	Crestas y crestones	Asociación	Ustic Humitropepst Ustic Dystropepst	Suelos moderadamente profundos, drenaje natural excesivo a bueno, materia orgánica alta en la superficie y baja en la profundidad, fertilidad baja.	Pendiente 12-25%, relieve fuertemente inclinado.	<b>MXDd</b>	76,28	0,25

Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Unidad Cartográfica de Suelo	Componente Taxonómico	Principales Características de los Suelos	Fases para uso y manejo	Símbolo	Área	
								Hectáreas	Porcentaje (%)
Montaña	Cálido muy seco	Hogback y escarpes	Grupo indeferenciado	Afloramientos rocosos Lithic Ustorthents	Suelos superficiales, materia orgánica y fertilidad baja.	Pendiente mayor al 75%, relieve fuertemente escarpado, erosión moderada.	<b>MXEg2</b>	96,54	0,32
Piedemonte	Cálido seco	Vallecitos coluvio-aluviales	Complejo	Typic Haplustolls Udic Argiustolls	Suelos moderadamente profundos a superficiales, texturas medias y moderadamente finas gravilosas, cascajosos, bien drenados, moderada a ligeramente ácidos, fertilidad moderada.	Pendiente 3-7%, relieve ligeramente inclinado, pedregoso.	<b>PWCbp</b>	549,82	1,82
Piedemonte	Cálido seco	Glásis de erosión	Asociación	Typic Ustropepts Fluventic Haplustolls	Suelos profundos a moderadamente profundos y bien a moderadamente drenados, materia orgánica baja y fertilidad moderada.	Pendiente 3-7%, relieve ligeramente inclinado.	<b>PXAb</b>	294,00	0,97
Piedemonte	Cálido seco	Colina	Asociación	Typic Haplustalfs Typic Ustropepts Typic Argiustolls	Suelos superficiales, materia orgánica baja y fertilidad media a alta.	Pendiente 3-7%, relieve ligeramente inclinado, erosión ligera.	<b>PXD<sub>b1</sub></b>	629,84	2,08
Piedemonte	Cálido seco	Colinas y lomas	Asociación	Lithic Ustorthents Typic Ustorthents	Suelos superficiales, materia orgánica y fertilidad baja.	Pendiente 7-12%, relieve moderadamente ondulado, erosión moderada.	<b>PXE<sub>c2</sub></b>	161,18	0,53
Piedemonte	Cálido seco	Abanicos	Asociación	Ustoxic Humitropepts Ustic Dystropepts	Suelos moderadamente profundos y superficiales, bien a excesivamente drenado, materia orgánica alta a baja de acuerdo a la profundidad, fertilidad baja.	Pendiente 7-12%, relieve moderadamente ondulado, erosión moderada.	<b>PXG<sub>c2</sub></b>	150,19	0,50

Paisaje	Clima	Tipo de Relieve	Unidad Cartográfica de Suelo	Componente Taxonómico	Principales Características de los Suelos	Fases para uso y manejo	Símbolo	Área	
								Hectáreas	Porcentaje (%)
Valle	Cálido seco	Vega	Complejo	Aquic Ustropepts Aquic Ustropepts	Suelos profundos, materia orgánica de media a baja, fertilidad alta.	Pendiente 0-3%, relieve plano.	<b>VXBa</b>	186,72	0,62
Valle	Cálido seco	Terraza	Asociación	Typic Ustropepts Typic Ustipsammments Tropic Fluvaquents	Suelos moderadamente profundos, baja materia orgánica, fertilidad moderada.	Pendiente 0-3%, relieve plano y plano cóncavo.	<b>VXDa</b>	111,02	0,37
Valle	Cálido seco	Terraza	Asociación	Typic Haplustolls Typic Natrustolls	Suelos superficial y moderadamente profundos, materia orgánica media a baja,	Pendiente 0-3%, relieve plano.	<b>VXEa</b>	52,76	0,17
Piedemonte	Cálido seco	Terraza	Complejo	Humic Dystrustepts Typic Haplustolls	Suelos muy superficiales, texturas moderadamente finas y bien drenados, ácidos a neutros, fertilidad moderada,	Pendiente 0-3%	<b>PWBa</b>	3075,16	10,16
Piedemonte	Cálido seco					Pendiente 0-3%	<b>PWDa</b>	1041,43	3,44
Piedemonte	Cálido seco					Pendiente 0-3%	<b>PWEa</b>	64,51	0,21
Piedemonte	Cálido seco					Pendiente 3-7%	<b>PWFb</b>	584,08	1,93
Piedemonte	Cálido seco					Pendiente 0-3%	<b>PWGa</b>	91,56	0,30
Piedemonte	Cálido seco					Pendiente 0-3%	<b>PWJa</b>	115,24	0,38
Planicie	Cálido seco					Pendiente 0-3%	<b>RWAa</b>	329,64	1,09
Planicie	Cálido seco					Pendiente 0-3%	<b>RWBa</b>	184,12	0,61
Planicie	Cálido seco					Pendiente 0-3%	<b>RWDai</b>	444,18	1,47
Ríos								79,94	0,26
<b>TOTAL</b>								<b>30260,09</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

• **Unidades cartográficas de suelos en el área de influencia directa**

A continuación se presentan las unidades de suelos encontradas en las diferentes áreas que conforman el área de influencia directa. Inicialmente se realiza la descripción de las unidades cartográficas de suelos presentes en el corredor de 32 metros.

Para dicha área las unidades cartográficas de suelos que poseen mayor área son las unidades con paisaje de montaña denominadas MQDf1 con 11,9% y MKEf con 9,28%, ubicadas en los municipios de Planadas y Rio Blanco del departamento de Tolima, en tercer lugar se encuentra la unidad cartográfica PWBa con 7,97% respecto al área total, esta unidad se encuentra distribuida en los municipios de Candelaria y Florida en el departamento del Valle del Cauca.

En el cuarto lugar se encuentra la unidad cartográfica con paisaje de montaña y clima medio y húmedo MXCf2 con 40,79hectáreasque representan el 5,62%, se encuentra presente en los municipio de Iquira y Tesalia; en quinto lugar se encuentra la unidad MQDf2 identificada en los municipios de Palermo, Santa María y Teruel en el departamento del Huila, representando el 5,60% de cubrimiento respecto al área total. Del sexto al treceavo lugar se encuentran las siguientes unidades, MQJg1, MQAf2, MGBf, MKCf2, MRAe2, LX Ae3, MQCe1 y PWDa con áreas entre 4,34% y 3,04% cada una con respecto al área total.

A partir del catorceavo lugar el área de las unidades cartográficas oscilan entre 2,42% y 0,01%, en su totalidad cubren el 29,96% del área total de influencia directa (Ver Tabla 34).

**Tabla 34 Unidades cartográficas de suelos en el corredor de 32 metros (AID)**

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área	
			Hectárea	Porcentaje (%)
MQDf1	Planadas	El Castillo	86,39	11,90
		El Diamante		
		El Jardín		
		El Mirador		
		El Paraiso		
		El Silencio		
		La Aldea		
		La Libertad		
		La Primavera		
		Oasis Alto		
		Patagonia		
		Rio Claro		
		San Gabriel Alto		
		San Gabriel Bajo		
		San Joaquin Alto		
	Santa Rosa			
	Siquila			
Vereda Topacio				
Rioblanco	Campo Hermoso	67,33	9,28	
	Las Mercedes			
	Los Cristales			
MKEf	Planadas	Cristalina	67,33	9,28
		El Castillo		

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área				
			Hectárea	Porcentaje (%)			
		El Paraiso	57,83	7,97			
		La Libertad					
		La Ortiga					
		Patagonia					
		San Gabriel Bajo					
		Santa Rosa					
		Siquila					
		Vista Hermosa					
		Campo Hermoso					
	Rioblanco	Las Mercedes					
	Territorios Nacionales						
	PWBa	Candelaria			Alto El Caballo	57,83	7,97
					Corregimiento Buchitolo		
Corregimiento San Joaquin							
Cuchipe							
La Asequia							
La Solorza							
Las Cuarenta							
No identificado							
Tiple Abajo							
Tiple Arriba							
Florida		Balsilla					
		Cañas Abajo					
		Corregimiento La Diana					
	Corregimiento San Antonio de los Caballeros						
MXCf2	Íquira	La Hocha	40,79	5,62			
		Santa Lucía					
	Tesalia	Alto de la Hocha					
MQDf2	Palermo	Corozal	40,63	5,60			
		El Diamante					
		La Florida					
		Libano					
		Los Pinos					
		Moral					
		Nilo					
		Pijao					
		San Gerardo					
	Santa maría	Divino Niño					
		El Censo					
		La Neira					
		San Jose					
		Santa Teresa					
	Teruel	Pedernal					
MQJg1	Planadas	Puerto Tolima	31,48	4,34			
	Santa maría	Jerusalen					
		San Francisco					
MQAf2	Santa maría	El Censo	28,94	3,99			
		El Vergel					
		Santa Lucía					
		Gualpi					
	Teruel	Monserate					
		Primavera					
		Sinai					
		Varas Meson					

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área	
			Hectárea	Porcentaje (%)
MGBf	Rioblanco	Campo Hermoso	28,66	3,95
		Territorios Nacionales		
MKCf2	Pradera	Bolo Azul	28,03	3,86
		Bolo Blanco		
MRAe2	Palermo	El Diamante	27,29	3,76
		La Florida		
		Nilo		
	Teruel	El Tablón		
		Estambul		
		Monserate		
		Pedernal		
		Primavera		
		Sinai		
		Varas Meson		
Yarumal				
LXAe3	Íquira	Potreritos	25,35	3,49
	Teruel	Santa Barbara		
MQCe1	Santa maría	Estambul	23,63	3,26
		Bache		
		El Encanto		
		Los Pinos		
		San Francisco		
PWDa	Cali	Sector Geográfico Valle de Lili	22,05	3,04
	Candelaria	Cuchipe		
		Tiple Arriba		
	Florida	Corregimiento La Diana		
	Pradera	El Recreo		
Parraga				
MDBf	Rioblanco	Territorios Nacionales	17,56	2,42
MLCf2	Pradera	Bolo Azul	17,40	2,40
PXD <sub>b1</sub>	Íquira	La Hocha	16,43	2,26
		Santa Barbara		
		Santa Lucia		
	Teruel	Estambul		
Tesalia	Alto de la Hocha			
PWF <sub>b</sub>	Florida	Corregimiento La Diana	15,89	2,19
	Pradera	El Recreo		
		Floresta		
		la Granja		
		Lomitas		
		Potrerito		
Arenillo				
MQDf <sub>2_VC</sub>	Pradera	El Retiro	12,38	1,71
		La Carbonera		
		Los Pinos		
		Potrerito		
MDBe	Rioblanco	Territorios Nacionales	12,13	1,67
MRDf <sub>3</sub>	Pradera	Potrerito	11,79	1,62
PWC <sub>bp</sub>	Candelaria	Corregimiento Buchitolo	10,47	1,44
		La Asequia		
		Las Cuarenta		
	Florida	Cañales		
Cañas Abajo				
MXAd <sub>2p</sub>	Íquira	Santa Lucia	9,66	1,33

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área	
			Hectárea	Porcentaje (%)
MKCe1	Tesalia	Alto de la Hocha	9,39	1,29
	Planadas	Puerto Tolima Rio Claro		
RWDai	Cali	Morga	8,34	1,15
	Candelaria	Corregimiento San Joaquin Tiple Abajo		
MLDf2	Pradera	Bolo Blanco	8,34	1,15
		El Retiro		
RWAa	Candelaria	No identificado	7,35	1,01
	Florida	Cañales Cañas Abajo		
MEAg	Pradera	Bolo Azul	7,05	0,97
MKDf1	Rioblanco	Campo Hermoso	5,14	0,71
MQMb	Planadas	Puerto Tolima	4,84	0,67
	Santa maría	El Censo El Vergel		
MKIb	Rioblanco	Campo Hermoso	4,21	0,58
		Las Mercedes		
		Los Cristales		
		Territorios Nacionales		
MGAf	Pradera	Bolo Azul	3,79	0,52
RWBa	Cali	Morga	3,61	0,50
		Sector Geográfico Valle de Lili		
PWGa	Florida	Corregimiento La Diana	3,47	0,48
	Pradera	El Recreo		
		Parraga Vallecito		
PXGc2	Íquira	Potreros	3,23	0,44
		Santa Barbara		
MLAf1	Pradera	Arenillo	3,09	0,43
MLCe2		El Retiro	2,74	0,38
VXBa	Íquira	Santa Barbara	2,68	0,37
		Santa Lucia		
MXEg2	Tesalia	Alto de la Hocha	2,39	0,33
PWEa	Florida	Corregimiento La Diana	2,38	0,33
		Corregimiento San Antonio de los Caballeros		
PXEc2	Tesalia	Alto de la Hocha	2,33	0,32
MLCf	Cali	Morga	2,21	0,30
		Balsilla		
		Cañas Abajo		
		Corregimiento San Antonio de los Caballeros		
PWJa	Pradera	El Recreo	2,00	0,28
		la Granja		
VXEa	Palermo	El Viso	1,85	0,25
		Nilo		
CA	Cali	Morga	1,30	0,18
	Candelaria	Tiple Abajo		
	Íquira	Santa Barbara Santa Lucia		
MQIbp	Pradera	El Retiro	1,27	0,17
		Potrero		
VXDa	Tesalia	Alto de la Hocha	0,37	0,05

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área	
			Hectárea	Porcentaje (%)
PXAb	Íquira	Santa Lucía	0,15	0,02
MXDd		Santa Lucía	0,12	0,02
MGBd	Pradera	Bolo Azul	0,08	0,01
MLBf	Palermo	San Gerardo	0,05	0,01
<b>Total general</b>			<b>725,90</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### Infraestructura Asociada

Para el desarrollo del proyecto será necesaria la utilización de unas áreas destinadas a campamentos, estaciones de tendido, patios de acopio y helipuertos, las cuales se encuentran ubicadas en puntos estratégicos cumpliendo con características como topografía preferiblemente plana, accesibilidad y permiso del propietario para su utilización. Es importante mencionar que después de la utilización las plazas de tendido y/o almacenamiento, se realizarán actividades de reconfiguración del suelo y recuperación o establecimiento de la cobertura vegetal.

El área destinada al establecimiento de infraestructura asociada abarcan en su totalidad 28,63 hectáreas, donde se presentan 31 unidades cartográficas de suelos (Ver Tabla 35). La unidad con mayor presencia es la MKCf2 con 6,00 hectáreas, equivalentes al 20,95% del área de estudio, identificada en el municipio de Rioblanco y Planadas. En segundo lugar de importancia por su extensión tenemos la unidad de suelo MQDf1 con 5,84 hectáreas y una participación del 20,38% con respecto al área total de infraestructura asociada, identificada únicamente en el municipio de Rioblanco, con un clima medio húmedo y muy húmedo y paisaje de montaña.

La tercera unidad es la MLCf2, identificada en el municipio de Pradera con 4,00 hectáreas equivalentes al 13,97% del área. En cuarto lugar se encuentra la unidad MGBf con una participación del 6,73%, presente en el municipio de Rioblanco. Y en quinto lugar está la unidad MKIb con una participación de 5,66% de igual forma presente en el municipio de Rioblanco, con clima muy frío, muy húmedo y paisaje de montaña.

En sexto y séptimo lugar se encuentran las unidades PWBa en el municipio de Candelaria con 1,08 hectáreas y 3,77% y PWFb en el municipio de Pradera con 0,85 hectáreas y 2,97%, las dos unidades se presentan en paisaje de piedemonte y clima cálido seco.

Del octavo lugar en adelante la participación de cada unidad de suelo disminuye a partir de 2,51% para la unidad PWDa hasta 0,03% para la unidad PXGc2, donde los paisajes varían entre montaña, piedemonte, lomerío, valle y planicie. Estas unidades con participaciones unitarias bajas cubren en su totalidad el 25,57% del total del área de infraestructura asociada.

**Tabla 35 Unidades cartográficas de suelos en las Plazas de tendido**

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área	
			Hectárea	Porcentaje (%)
MKCf2	Pradera	Bolo Azul	6,00	20,95
MQDf1	Planadas	El Diamante	5,84	20,38
		La Primavera		

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área	
			Hectárea	Porcentaje (%)
		Siquila		
	Rioblanco	Las Mercedes		
MLCf2	Pradera	Bolo Azul	4,00	13,97
MGBf	Rioblanco	Campo Hermoso	1,93	6,73
		Territorios Nacionales		
MKlb	Rioblanco	Las Mercedes	1,62	5,66
		Territorios Nacionales		
PWBa	Candelaria	Alto El Caballo	1,08	3,77
		Tiple Abajo		
		Tiple Arriba		
PWFb	Pradera	la Granja	0,85	2,97
		Potrero		
PWDa	Cali	Sector Geográfico Valle de Lili	0,72	2,51
MKCe1	Planadas	Puerto Tolima	0,66	2,30
MQDf2_VC	Pradera	Potrero	0,61	2,13
MEAg		Bolo Azul	0,50	1,75
MQDf2	Palermo	Nilo	0,44	1,53
	Santa María	Divino Niño		
LXAe3	Íquira	Santa Bárbara	0,39	1,35
	Teruel	Estambul		
MRAe2			Primavera	0,37
PXDb1	Tesalia	Alto de la Hocha	0,36	1,26
PWEa	Florida	Corregimiento San Antonio de los Caballeros	0,36	1,26
MDBe	Rioblanco	Territorios Nacionales	0,36	1,26
PWCbp	Florida	Cañales	0,36	1,26
RWBa	Cali	Morga	0,36	1,26
MLDf2	Pradera	El Retiro	0,36	1,26
MQMb	Santa María	El Vergel	0,27	0,94
MRDf3	Pradera	Potrero	0,26	0,91
VXDa	Tesalia	Alto de la Hocha	0,22	0,76
MXCf2	Íquira	Santa Lucía	0,15	0,53
MXEg2	Tesalia	Alto de la Hocha	0,14	0,50
MKEf	Planadas	Cristalina	0,13	0,46
		El Paraíso		
	Rioblanco	Territorios Nacionales		
MQJg1	Planadas	Puerto Tolima	0,11	0,39
MQAf2	Santa María	El Vergel	0,09	0,32
VXEa	Palermo	Nilo	0,06	0,22
MQCe1	Santa María	San Francisco	0,03	0,12
PXGc2	Íquira	Santa Bárbara	0,01	0,03
Total			28,63	100,00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### Adecuación de accesos para mulas, vehículos, helicópteros y/o teleféricos

En esta etapa se realiza la identificación y evaluación de los accesos a utilizar sitios de torre, plazas de tendido y demás lugares de trabajo a donde se requiera llegar o salir con materiales, equipos y/o personal, por medio de diferentes modalidades incluyendo carreteras, caminos, caminos para mulas, posible adecuación de helipuertos y/o estaciones de teleférico, etc.

La evaluación para la selección de estas áreas consiste en la realización de una inspección ocular, la cual ocasionalmente se efectúa conjuntamente con los representantes de las comunidades y el contratista, para determinar el estado general del

acceso. Para este proyecto, se realizó la identificación preliminar de accesos a cada sitio de torre y demás áreas, durante la elaboración de los estudios ambientales, específicamente el Estudio de Impacto Ambiental,

Posteriormente se realizan las adecuaciones a que haya lugar, definiendo las modalidades de los accesos, de común acuerdo con las comunidades. Es de mencionar que el Proyecto no considera la apertura de nuevas vías de acceso (carreteras o carreteables); en los puntos donde no se identifiquen vías de acceso existente se contempla también el transporte de materiales y equipos utilizando caminos para el tránsito de mulas.

Así mismo se toman las medidas pertinentes para evitar daños innecesarios con motivo de la adecuación y uso de vías de acceso y así evitar molestias o trastornos a los usuarios e impedir que los trabajadores interrumpan sus servicios o hábitos laborales.

Las zonas de adecuación cubren una superficie total de 61,98 hectáreas. En la Tabla 36 se observa las diferentes unidades cartográficas de suelos identificadas en el área. En primer lugar con una participación de un 13,55% se encuentra la unidad de suelo MQDf1 identificada en los municipios de Planadas y Rioblanco con 8,42 hectáreas donde predomina el paisaje de montaña y clima medio húmedo y muy húmedo.

En segundo lugar se identifica la unidad de suelo MKEf con 6,83 hectáreas y una participación del 11,01% con respecto al área total de adecuación. Se presenta en los municipios de Planadas y Rioblanco con un clima frío muy húmedo.

En tercer lugar con un 8,25% de cobertura total (5,11 hectáreas) se identifica en el departamento del Huila en los municipios de Íquira y Tesalia la unidad MXCf2, donde predomina el paisaje de montaña y un clima cálido muy seco.

En cuarto lugar con un 7,42% de la cobertura total (4,61 hectáreas) se encuentra la unidad cartográfica MKCf2 distribuida en el municipio de Pradera cuyo clima es frío muy húmedo y paisaje de montaña.

En quinto lugar se encuentra la unidad de suelo MQDf2 con un total de 3,67 hectáreas que corresponden al 5,93% del área de adecuación. Se encuentra distribuido en los municipios de Palermo y Santa María (Huila) y Pradera (Valle del Cauca) con clima medio y húmedo.

El sexto lugar es para la unidad de suelo LXAe3 la cual se ha identificado en los municipios de Íquira y Teruel con un 4,1% de la cobertura total (2,73 hectáreas) con clima cálido muy seco y paisaje de lomerío.

En séptimo lugar se encuentra la unidad MQJg1 la cual se ha identificado en los departamentos de Huila y Tolima en los municipios Santa María y Planadas en una extensión de 2,71 hectáreas y una participación de 4,37% con respecto al área de adecuación. Predomina el clima frío húmedo y se presenta en paisaje montaña.

El octavo lugar es para la unidad PXDb1 presente en los municipios de Íquira, Teruel y Tesalia con una extensión total de 2,65 hectáreas correspondiente al 4,28% del área de adecuación y un con clima cálido muy seco y paisaje de Piedemonte.

Del noveno lugar en adelante las unidades identificadas presentan pequeñas áreas de cobertura distribuidas en los diferentes municipios para un total de 40,73% del área total de adecuación.

**Tabla 36 Unidades cartográficas de suelos en las áreas de adecuación**

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área	
			Hectárea	Porcentaje (%)
MQDf1	Planadas	El Castillo	8,42	13,58
		El Diamante		
		El Jardín		
		El Paraiso		
		El Silencio		
		La Libertad		
		La Primavera		
		Oasis Alto		
		Patagonia		
		San Gabriel Alto		
		San Gabriel Bajo		
	San Joaquin Alto			
	Santa Rosa			
	Siquila			
Rioblanco	Campo Hermoso			
	Las Mercedes			
	Los Cristales			
MKEf	Planadas	Cristalina	6,83	11,01
		El Castillo		
		El Paraiso		
		La Libertad		
		La Ortiga		
		Patagonia		
		San Gabriel Bajo		
		Santa Rosa		
	Siquila			
	Rioblanco	Vista Hermosa		
		Campo Hermoso		
Las Mercedes				
MXCf2	Íquira	Territorios Nacionales	5,11	8,25
		La Hocha		
	Santa Lucia			
MKCf2	Tesalia	Alto de la Hocha	4,61	7,44
	Pradera	Bolo Azul		
MQDf2	Palermo	Corozal	3,67	5,93
		El Diamante		
		Libano		
		Los Pinos		
		Moral		
		Nilo		
		Pijao		
	San Gerardo			
	Santa maría	Divino Niño		
		San Jose		
Santa Teresa				
LXAe3	Íquira	Potreritos	2,73	4,41
		Santa Barbara		

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área	
			Hectárea	Porcentaje (%)
MQJg1	Teruel	Estambul	2,71	4,37
	Planadas	Puerto Tolima		
	Santa maría	Jerusalen		
PXDb1	Íquira	La Hocha	2,65	4,28
		Santa Barbara		
	Santa Lucia			
	Teruel	Estambul		
	Tesalia	Alto de la Hocha		
MQDf2_VC	Pradera	Arenillo	2,43	3,92
		El Retiro		
		La Carbonera		
		Los Pinos		
		Potrerito		
MQAf2	Santa maría	El Censo	1,91	3,08
		El Vergel		
		Santa Lucia		
	Teruel	Gualpi		
		Monserate		
		Primavera		
		Varas Meson		
MRDf3	Pradera	Potrerito	1,74	2,81
MRAe2	Palermo	Nilo	1,73	2,79
	Teruel	Estambul		
		Monserate		
		Primavera		
		Varas Meson		
MQCe1	Santa maría	Bache	1,54	2,49
		El Encanto		
		Los Pinos		
		San Francisco		
MDBe	Rioblanco	Territorios Nacionales	1,51	2,44
MGBf			1,48	2,39
MXAd2p	Íquira	Santa Lucia	1,43	2,31
	Tesalia	Alto de la Hocha		
PWBa	Candelaria	Alto El Caballo	1,15	1,86
		Corregimiento Buchitolo		
		Corregimiento San Joaquin		
		Cuchipe		
		La Asequia		
		La Solorza		
		Las Cuarenta		
		No identificado		
		Tiple Abajo		
		Tiple Arriba		
	Florida	Balsilla		
		Corregimiento La Diana		
		Corregimiento San Antonio de los Caballeros		
PWDa	Cali	Sector Geográfico Valle de Lili	1,13	1,83
	Candelaria	Cuchipe		
		Tiple Arriba		
	Florida	Corregimiento La Diana		
Pradera	Parraga			
MDBf	Rioblanco	Territorios Nacionales	1,06	1,72
PWFb	Florida	Corregimiento La Diana	0,90	1,45
	Pradera	El Recreo		
		Floresta		

Unidad cartográfica de suelo	Municipio	Vereda	Área	
			Hectárea	Porcentaje (%)
MLDf2		la Granja	0,76	1,23
		Potrerito		
		Bolo Blanco		
		El Retiro		
MKDf1	Rioblanco	Campo Hermoso	0,75	1,21
MLCf2	Pradera	Bolo Azul	0,48	0,78
MKIb	Rioblanco	Campo Hermoso	0,45	0,72
		Las Mercedes		
		Los Cristales		
		Territorios Nacionales		
RWAa	Candelaria	No identificado	0,43	0,70
	Florida	Cañales		
Cañas Abajo				
Corregimiento La Diana				
PWEa		Corregimiento San Antonio de los Caballeros	0,41	0,65
MQIbp	Pradera	Potrerito	0,39	0,63
MLAf1		El Retiro	0,37	0,59
PXGc2	Íquira	Potreritos	0,35	0,56
		Santa Barbara		
VXBa		Santa Lucia	0,33	0,54
MLCe2	Pradera	El Retiro	0,29	0,47
RWBa	Cali	Morga	0,27	0,44
		Sector Geográfico Valle de Lili		
VXEa	Palermo	Nilo	0,25	0,40
PWCbp	Candelaria	Corregimiento Buchitolo	0,23	0,37
		Las Cuarenta		
	Florida	Cañales		
MQMb	Planadas	Puerto Tolima	0,22	0,36
	Santa María	El Vergel		
VXDa	Tesalia	Alto de la Hocha	0,17	0,27
PXAb	Íquira	Santa Lucia	0,15	0,24
MGAf	Pradera	Bolo Azul	0,15	0,23
PWGa		Parraga	0,13	0,20
MXDd	Íquira	Santa Lucia	0,12	0,19
PWJa	Florida	Corregimiento San Antonio de los Caballeros	0,11	0,18
MKCe1	Planadas	Puerto Tolima	0,11	0,17
		Rio Claro		
RWDai	Cali	Morga	0,11	0,17
	Candelaria	Corregimiento San Joaquin		
		Tiple Abajo		
MXEg2	Tesalia	Alto de la Hocha	0,08	0,13
MLBf	Palermo	San Gerardo	0,05	0,09
CA	Íquira	Santa Barbara	0,04	0,07
MLCf	Cali	Morga	0,04	0,07
Total			61,98	100,00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

A continuación se describen las unidades cartográficas de suelos identificadas y caracterizadas en el sector de Las Mercedes. En la Tabla 37 se presentan las unidades cartográficas de suelos identificadas en el sector de las Mercedes.

**Tabla 37 Unidades de suelos en el sector "las Mercedes"**

Unidad de suelo	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
-----------------	----------------	----------------

Unidad de suelo	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
MKcf2	750,30	18,15%
PWAb	562,44	13,61%
MLDf2	556,51	13,46%
MRDf3	406,61	9,84%
MQlbp	314,19	7,60%
MQDf2	284,22	6,88%
MEAg	254,74	6,16%
MGBc	246,56	5,97%
MQFf2	237,94	5,76%
MDBf	201,29	4,87%
MDBe	77,96	1,89%
PWJa	77,61	1,88%
MGAf	71,44	1,73%
MGAf1	47,67	1,15%
PWBa	28,49	0,69%
RWAa	8,80	0,21%
PWFb	6,46	0,16%
<b>total</b>	<b>4.133,24</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

En primer lugar se encuentra la asociación MKCf2, esta unidad está ubicada en paisajes de montaña con clima frío y muy húmedo, suelos Typic Hapludands-Typic Udorthents-Typic Fulvudands; son suelos moderadamente profundos, texturas bien drenados, fuerte a moderadamente ácidos, fertilidad moderada, muy superficiales a superficiales, texturas moderadamente gruesas, cascajosas, pedregosas excesivamente, Pendiente 50 a 75% fases moderadamente escarpada y erosión moderada, representa el 18, 15 % de cubrimiento del sector en el segundo lugar se encuentra la unidad denominada PWAb Esta fase se encuentra dentro de la asociación PWAb: Humic Dystrustepts -Typic Haplustolls, son suelos ubicados en paisajes de piedemonte con clima cálido seco, profundos a moderadamente profundos, bien drenados, texturas moderadamente gruesas a moderadamente finas, fuerte a moderadamente ácidos y fertilidad moderada a baja con pendiente 3 a 7% relieve ligeramente inclinado, dicha unidad tiene de cubrimiento el 13,61 %, en el tercer lugar se encuentra la unidad denominada MLDf2

Esta unidad se encuentra dentro de la asociación Typic Udorthents-Typic Hapludands; son suelos ubicados en paisajes de montaña y clima frío- húmedo Muy superficiales, texturas moderadamente gruesas gravillosas, bien drenados moderada a ligeramente ácidos, fertilidad alta son suelos profundos con texturas modernamente finas, bien drenados, muy fuerte a modernamente ácidos, alta saturación de aluminio, fertilidad con pendiente 50 a 75% relieve moderadamente escarpado, erosión moderada, esta unidad cartografía representa el 13.46 % del área de estudio.en el cuarto lugar se encuentra la unidad llamada MRDf3, se encuentra en Suelos de montaña con clima medio y seco, representa el 9.84 % del sector, en el quinto lugar se encuentra el complejo MQlbp, se encuentra en paisajes de montaña y clima medio y húmedo. su cubrimiento es del 7, 60 %; en el sexto lugar se ubica MQDf2 Suelos de montaña con clima templado húmedo representa el 6,88 % del sector., en el séptimo lugar se encuentra la unidad llamada MEAg con el 6, 16 %.en el séptimo lugar se encuentra la unidad MGBc son suelos de montaña con clima muy frío, muy húmedo y húmedo, dicha unidad tiene cubrimiento del 5.97 %, en el octavo lugar se encuentra la unidad llamada MQFf2 son suelos de montaña con clima medio y húmedo y representar el 5,76 % del noveno al decimoséptimo lugar se

encuentran unidades mayormente en paisaje de montaña con cubrimientos menores al 4.9 %, estas unidades sumadas subirían el 12, 58 % del área.

### 3.2.2.2 Capacidad de uso de las tierras – Uso potencial

La determinación del uso potencial del suelo, lo que igualmente se identifica como capacidad de uso de las tierras o vocación de uso de los suelos, determina el uso más intenso que puede soportar el recurso por largos periodos, garantizando una producción agronómica sostenida y una oferta ambiental permanente en el tiempo y el espacio, referida a bienes y servicios tangibles e intangibles asociados al sector primario de la economía y a las funciones ambientales, sin deteriorar la base natural y los recursos medioambientales que lo sustenta.

Lo que igualmente permite definir áreas agroambientales de tipo homogéneo que poseen la misma oferta ambiental relativa y sobre las cuales se pueda realizar un aprovechamiento igualmente homogéneo desde el punto de vista, producción agrícola, pecuaria, agroforestal, forestal y para la protección y la conservación, lo que igualmente permite desarrollar las generalizaciones para su uso y manejo, de acuerdo con sus limitantes y potencialidades.

Cualquier determinación de capacidad de uso, potencialidad de uso o vocación se sustenta en las características de los suelos, permitiendo la interpretación de las propiedades que le confieren aptitud o vulnerabilidad al recurso suelo frente a las actividades humanas.

La premisa sobre la cual se sustenta la capacidad de uso corresponde a la clasificación y agrupación de las tierras en unidades homogéneas que presentan e igualmente suministran similares condiciones de explotación y manejo con el fin de obtener altos rendimientos, generando un menor riesgo de deterioro, sistema desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, (Manual 210 USDA) con algunas adaptaciones y modificaciones realizados por la Subdirección de Agrológica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC para su aplicación al trópico Colombiano a lo largo de los años de aplicación de la misma.

La metodología se orienta a la determinación de un conjunto de sistemas de producción desde el punto de vista general y no a tipos de utilización específicos (cultivos), ni al mejor o al más rentable, debiendo desarrollar en su implementación hacia usos con prácticas de manejo generales. De igual forma la metodología se estructura de tal forma que a medida que se incrementa la clase por capacidad agrológica, disminuye la gama de posibles cultivos a escoger, se incrementan las prácticas de manejo y aumentan significativamente la necesidad de proteger el recurso en función de la conservación y la preservación del medio.

La metodología no suministra consideraciones de tipo social, ni valores absolutos de rendimientos económicos, ni productividad, solo asocia los tipos de suelos según el número y grado de limitaciones, lo que la hace una metodología de tipo relativa. No siendo de ninguna forma una evaluación de tierras.

Las categorías o niveles del sistema corresponden a un nivel de generalización de la información referido a la capacidad de la tierra para la producción de plantas en cultivo, al requerimiento de protección de áreas altamente vulnerables o a la necesidad de conservación, preservación y/o recuperación del medio natural.

- **Sistema de clasificación por capacidad de uso**

La capacidad de uso de las tierras posee fundamentalmente dos categorías correspondientes a clases y subclases, las cuales se describen a continuación.

### **Clases Agrológicas de la capacidad de uso**

Estas clases agrológicas de la capacidad de uso de las tierras agrupan tipos de suelos que presentan el mismo grado relativo de limitaciones generales y de riesgos. Se muestra a continuación las clases que integran la clasificación o sistema.

Las clases I y II corresponden a tierras arables, con capacidad para cualquier tipo de cultivo, con prácticas ligeras a moderadas de conservación de suelos y manejo de aguas.

Las clases III y IV corresponden a tierras arables, con restricciones en la selección de cultivos, con prácticas intensivas de conservación de suelos y manejo de aguas.

La clase V y VI corresponde a las tierras para ganadería con praderas mejoradas, cultivos permanentes, sistemas agroforestales y/o reforestación, con la incorporación selectiva de prácticas de conservación de suelos y manejo de aguas.

La clase VII corresponde a tierras forestales con posibilidades de uso mixto del bosque.

La clase VIII corresponde a las tierras destinadas a la conservación y la protección de la naturaleza. Generalmente constituyen ecosistemas estratégicos para el abastecimiento de agua, la prestación de servicios ambientales, siendo considerados como muy vulnerables.

Las clases se reúnen en tres (3) grandes grupos:

Grupo de tierras con capacidad para ser utilizadas en agricultura y ganadería tecnificada de tipo intensivo y semi-intensivo como máxima utilización, el que se integra por las clases I a IV. Los sistemas productivos presentan intensidades de manejo y variedad de especies vegetales que varía desde muy intensiva en la clase I hasta muy restringida en la clase IV; en ese mismo sentido se incrementan las prácticas de manejo y conservación. Las tierras de la clase IV deben ser usadas de forma sectorizada en agroforestería.

Grupo de tierras que pueden ser utilizadas en forma restringida, en actividades agrícolas, ganaderas, agroforestales y/o forestales, el que se integra por las clases V a VII. Las tierras de la clase V no son aptas para agricultura convencional por limitaciones diferentes a erosión, como por ejemplo, la ocurrencia de inundaciones prolongadas y la presencia de pedregosidad superficial. Con la implementación de sistemas de cultivo y prácticas de manejo especiales, en estas tierras se podrían adelantar actividades agrícolas y ganaderas con rendimientos aceptables.

En términos generales, las tierras de clases VI y VII no tienen capacidad para agricultura, excepto para cultivos específicos semiperennes o perennes, semidensos y densos y sistemas agroforestales y forestales, debido a severas limitaciones como pendientes escarpadas; eventualmente las de menor pendiente (clase VI) podrían utilizarse en

ganadería. Cualquiera de estas clases de uso requiere intensas prácticas de manejo y de conservación.

Grupo de tierras que deben ser utilizadas sólo en preservación, conservación y/o restauración, se integra por la clase VIII. Las tierras de la clase VIII no tienen capacidad para adelantar actividades agropecuarias ni forestales de tipo productivo; deben ser destinadas e incluidas en planes y programas, orientados a la preservación y conservación de los recursos naturales, como sistemas de parques nacionales, reservas forestales y control de la degradación.

Los principales conceptos del sistema lo definen como de tipo interpretativo y fundamentado en el análisis integral de los efectos combinados del clima y las características permanentes de los suelos que afectan su capacidad de producción, el potencial riesgo de deterioro y los requerimientos de manejo. Las principales características evaluadas para los suelos y para el medio natural circundante que lo sustenta, corresponden a:

Características superficiales de los suelos: pendientes del terreno (gradiente), degradación de suelos (erosión y movimientos de remoción en masa)

Características de humedad: Drenaje natural, inundaciones o encharcamientos (frecuencia y duración)

Características permanentes de los suelos: profundidad efectiva, textura, fragmentos de roca, pedregosidad superficial, afloramientos rocosos, fertilidad, características químicas (salinidad y alcalinidad, relación calcio magnesio y saturación de aluminio).

Características climáticas: Distribución de lluvias, piso térmico, condición de humedad, temperatura/heladas.

### ***Subclases de capacidad***

Este nivel corresponde a una categoría del sistema de clasificación por capacidad de uso, que define, para las clases uno o más factores limitantes generales y específicos, lo que determina que la subclase agrupa tierras que poseen el mismo número de factores y grados de limitación.

Las características de las tierras que tienen un efecto adverso sobre su capacidad productiva; se conocen como limitaciones por pendiente (p), erosión (e), humedad en exceso, drenaje (h), condición de suelo (s) y clima (c). Con base en la importancia de las limitaciones, el orden en que deben aparecer en el símbolo cartográfico de las unidades de capacidad cuando se presente más de una, es el siguiente: p, e, h, s, c, se presenta a continuación las principales características de las limitaciones establecidas.

(p) pendiente del terreno: La subclase por pendiente, se refiere al grado de inclinación del terreno expresada en porcentaje, la pendiente y el relieve de los terrenos, son componentes de la configuración de la superficie de la tierra.

(e) erosión actual y/o peligro de susceptibilidad a la erosión: La subclase por erosión la conforman los suelos que se encuentran afectados, bien sea, por pérdida acelerada de suelo o susceptibilidad a la misma, causada por la mala utilización de los terrenos, prácticas de manejo inadecuadas o por fenómenos de remoción o movimientos en masa.

(h) humedad en exceso, drenaje: La subclase por exceso de humedad, está formada por los suelos sobresaturados con agua, ya sea por exceso de precipitación, encharcamientos debidos al escurrimiento de las aguas superficiales desde las áreas más altas o por condiciones o características ácuicas (suelos que actualmente presenten una saturación y reducción continua y periódica)

(s) limitaciones en la zona radicular: La subclase por suelo se califica de acuerdo con las limitaciones físicas y/o químicas, que dificultan e impiden el normal desarrollo de las raíces de las plantas y las prácticas de labranza del suelo.

(c) limitaciones climáticas: En esta subclase se agrupan los suelos en los cuales el clima es limitante para el uso, ya sea por bajas temperaturas, ocurrencia de heladas, vientos fuertes, alta nubosidad y bajo brillo solar y en unos casos, déficit de abastecimiento de agua o exceso de precipitación, que restringen la selección de plantas o hacen necesario utilizar prácticas especiales de manejo.

Las limitaciones, desde el punto de vista de su persistencia, pueden ser permanentes o temporales. Las limitaciones permanentes son las que no se pueden modificar, al menos con cambios menores; por ejemplo, la pendiente, la textura, la profundidad del suelo, los efectos de retención de humedad, el tipo de arcilla y otras propiedades similares. Las limitaciones temporales son las que se pueden modificar como el contenido de nutrientes y el drenaje, principalmente.

Además, por su magnitud, las limitaciones pueden ser generales y específicas; las primeras, indican las limitaciones globales referidas a la erosión, la pendiente, el suelo, la humedad y el clima ambiental; las segundas identifican la clase de limitación específica dentro de la general; por ejemplo: fertilidad, salinidad, etc. Algunas de las limitaciones generales y/o específicas pueden corregirse o atenuarse, en forma relativamente fácil y otras no; a estas últimas se les considera de carácter permanente.

Las tierras se clasifican por su capacidad de uso principalmente con base en sus limitaciones permanentes y para ello se tiene en cuenta el número y el grado de las mismas. Se establece que si una limitación es severa, su ocurrencia es suficiente para ubicar las tierras en una clase de menor potencial para el uso comercial, sin importar que las otras limitaciones sean de menor grado.

### **Grupos de manejo – capacidad**

En la determinación de la capacidad de uso de las tierras se adopta el establecimiento de una tercera categoría del sistema, denominada como grupo de manejo o grupo de capacidad, integra las tierras de una misma subclase con el mismo grado y número de limitaciones específicas comunes, potencialidades similares y para las cuales se infiere una similar respuesta a las prácticas de manejo utilizadas en la explotación.

Lo anterior significa que una misma clase con similar subclase, puede ser diferenciada por el grupo de manejo o capacidad, en razón del clima en donde se encuentre o las particularidades de los sistemas productivos que deban ser implementados para establecer explotaciones agrícolas y/o ganaderas

• **Capacidad de uso del suelo en el área de influencia indirecta**

De acuerdo a las diferentes capacidades de uso que se pueden presentar, a continuación se describe cuales se identificaron en el área de influencia indirecta y sus respectivos porcentajes (Ver Figura 63).

Las tierras clasificadas por sus características en la capacidad de uso Conservación, en una extensión de 9199,54 hectáreas correspondientes al 30% del total del área de influencia indirecta, se incluye las tierras para uso forestal de protección y conservación de recursos hídricos.

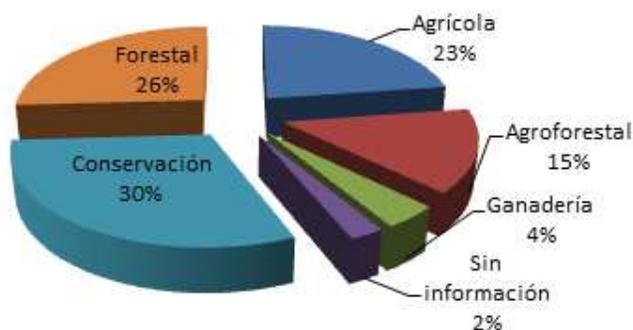
En la capacidad de uso Forestal, en una extensión de 7836,34 hectáreas correspondientes al 26% del área en estudio, se incluyen tierras forestales para usos principales de producción y protección-producción.

En tercer lugar se presenta la capacidad de uso Agrícola, en una extensión de 6869,24 hectáreas, correspondientes al 23% del área en estudio. Esta categoría incluye las tierras que permiten el establecimiento de cultivos intensivos y semi-intensivos, bajo estrictos planes de manejo y las asociaciones de cultivos, ganadería y forestales de producción.

En cuarto lugar se presenta la capacidad de uso Agroforestal, con una extensión de 4403,06 hectáreas, equivalente al 15% del área de influencia directa. Bajo esta categoría se encuentran las tierras que permite un uso armonizado entre la agricultura y el componente forestal.

En quinto lugar de importancia se encuentra la capacidad de uso Ganadería, en una extensión de 1211,74 hectáreas, equivalente al 4% del área de estudio. Bajo esta denominación se encuentran las tierras que permiten el pastoreo intensivo y semi-intensivo y pastoreo extensivo.

**Figura 63 Capacidad de uso del suelo en el área de influencia indirecta**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

Adicionalmente se realizó una identificación de las unidades cartográficas agrupándolas en las diferentes clases agrológicas con el propósito de poder identificar los limitantes de uso, y así proponer prácticas de manejo y dejar plasmado recomendaciones de uso (Ver Tabla 38).

Del área total de estudio correspondiente a 30260,09 hectáreas el 43,08% se han clasificado en la clase agrológica 7 la cual comprende tierras con aptitudes para cultivos

muy específicos semiperennes o perenner, semidensos o densos y sistemas agroforestales y forestales debido a severas limitaciones por pendientes. En segundo lugar con un 23,50% de la cobertura total se encuentran clasificadas tierras pertenecientes a la clase agrológica 4 donde se recomienda un tipo de agricultura y ganadería tecnificada, las limitantes están dadas por pendiente, erosión, suelo, clima, con algunas combinaciones en unos casos y en algunos suelos no existen limitante definidas.

En tercer lugar con 17,38% de cobertura total se encuentra la Clase Agrológica 8, cuya aptitud se enmarca dentro de la conservación y protección de los recursos naturales en su estado natural o recuperación biológica, en esta categoría se presenta limitantede uso por pendiente, clima, erosión, combinaciones de las anteriores y en algunos suelos sin limitaciones definidas. En cuarto lugar con un 10,48% de la cobertura total se encuentra la clase agrológica 6, la cual comprende tierras con aptitud agrícola, ganadera, forestal de producción y sus respectivas asociaciones de forma restringida y orientada hacia los cultivos permanentes, pastos mejorados y sistemas agroforestales y/o reforestación con prácticas permanentes de conservación de suelos y limitantes de pendiente, erosión, suelo y en algunos casos sin limitantes definidas. Finalmente tenemos las clases agrícolas 2 y 3 con una participación de 3,12% del área de estudio, las cuales permiten agricultura y ganadería intensiva y semi-intensiva, y presenta limitantes por erosión y suelo.

**Tabla 38 Capacidad de uso del suelo en el área de estudio (All)**

Clase Agrológica	Símbolo UCS	Limitantes	Uso Recomendado	Prácticas de manejo	Área	Porcentaje
					Hectáreas	(%)
7 c	MGBd	Limitantes debidas al clima	Tierras aptas para la protección o producción forestal con especies nativas o exóticas. En el caso de uso forestal de producción puede ser compatible con usos agroforestales.	Hacer uso racional del bosque existente, con un manejo sostenible de los recursos: forestal, suelo, agua. Tala selectiva en el caso de los bosques protectores productores y aprovechamiento adecuado de productos como frutos, resinas y fibras, entre otros, dando siempre prioridad a la reforestación y restauración.	13036,78	43,08
7 p	MGBf	Limitantes debidas a la topografía				
	MKDf1					
	MKEf					
	MLAf1					
	MLCf					
	MLCf2					
	MLDf2					
	MQDf1					
	MQDf2					
MQDf2_VC						
7 pc	MGAf	Limitantes debidas a la topografía y clima				
	MKCf2					
7 pe	MRDf3	Limitantes debidas a la topografía y la erosión				
7 s	MLBf	Limitantes debidas al suelo				
4	MXDd	Sin limitantes	Permiten el establecimiento de cultivos con plantas de diferentes ciclos de vida y	Mantener coberturas vegetales, sembrar a través de la pendiente, evitar sobrecarga de	7110,26	23,50
	PWBa					
	PWDa					
	PWJa					
	PXAb					
	RWDai					

Clase Agrológica	Símbolo UCS	Limitantes	Uso Recomendado	Prácticas de manejo	Área	Porcentaje (%)
					Hectáreas	
4 e	PXDb1	Limitantes debidas a erosión	productos. Soportan actividades agrícolas intensivas y semi-intensivas o cualquier uso que quiera implementarse., como por ejemplo la reforestación comercial con fines industriales. En los casos donde por las limitaciones del suelo no son tierras aptas para la agricultura intensiva y semi-intensiva se pueden destinar para la ganadería.	ganado y sobrepastoreo, control integrado de malezas y fitosanitario, barreras corta vientos y fertilización y enmiendas.		
	PXEc2					
4 pe	MXAd2p	Limitantes debidas a topografía y erosión				
4 ps	MQNd1	Limitantes debidas a topografía y suelo				
4 s	MKlb	Limitantes debidas al suelo				
	MQHcp					
	MQlbp					
4 sc	PWCbp	Limitantes debidas al suelo y clima				
8	Cuerpos de Agua	Sin limitantes	Por su importancia biofísica e importancia ecológica se debe usar para la protección de los recursos naturales. Se recomienda conservación en su estado natural y recuperación biológica.	Evitar avance de la frontera agrícola, recuperación de áreas erosionadas mediante la reforestación, regeneración de vegetación intervenida, mantener coberturas vegetales.	5258,26	17,38
	MDBe					
	MDBf					
	MQJg1					
8 p	LXAe3	Limitantes debidas a la topografía				
8 pc	MEAg	Limitantes debidas a la topografía y la clima				
8 pe	MQAf2	Limitantes debidas a la topografía y la erosión				
	MXEg2					
6 es	VXEa	Limitantes debidas a la erosión y clima	Las principales aptitudes de estos suelos corresponden a actividades agrícolas, pecuarias con actividades forestales de tipo protectos o protector-productor.	Practiclas intensivas de manejo y conservación de suelos, recuperar áreas erosionadas con barreras vivas, conservación de los bosques de galería, evitar sobrepastoreo y sobrecarga de ganado, evitar quemas.	3170,13	10,48
6 p	MKCe1	Limitantes debidas a la topografía				
	MLCe2					
6 pes	MQCe1	Limitantes debidas a la topografía y la erosión y el suelo				
	MRAe2					
6	VXBa	Sin limitantes				
	VXDa					
2	RWAa	Sin	Agricultura y	Practiclas intensivas	513,76	1,70

Clase Agrológica	Símbolo UCS	Limitantes	Uso Recomendado	Prácticas de manejo	Área	Porcentaje (%)
					Hectáreas	
2 s	RWBa	limitantes Limitantes debidas al suelo	ganadería intensiva y semi-intensiva.	de manejo y conservación de suelos, fertilización y aplicación de enmiendas, manejo integral de malezas y de control fitosanitario.	430,74	1,42
3 e	PXGc2	Limitantes debidas a erosión				
3 s	MQMb					
Sin información	PWEa	Sin información			740,15	2,45
	PWFb					
	PWGa					
<b>Total</b>					<b>30260,09</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### • Capacidad de uso de las tierras en el área de influencia directa

En la Tabla 39 se puede ver que en el área de influencia directa predomina el uso potencial Conservación con una extensión de 232,33 hectáreas, equivalentes al 32%, las cuales se clasifican agrológicamente en las clases 7 y 8. Dentro de esta categoría se incluye tierras aptas para conservación, protección y recursos hídricos, distribuidas a lo largo del área en estudio.

En segundo lugar se encuentra el uso potencial Forestal con 211,88 hectáreas equivalentes al 29,19%, las cuales se encuentran clasificadas en la clase agrológica 7 e incluye actividades de tipo protección-producción en los municipios de Planadas con 114,35 hectáreas, Palermo con 26,20 hectáreas, Pradera con 12,38 hectáreas, Rioblanco con 44,52 hectáreas, Santa María con 11,39 hectáreas y Teruel con 3,04 hectáreas.

En tercer lugar se encuentra el uso potencial Agrícola con 132,96 hectáreas, correspondientes al 18,32%, cuya área se encuentran clasificada dentro en las clases agrológicas 2,3 y 4. Dentro de estas categorías se incluye la actividad Agrosilvopastoril con 7,49 hectáreas en Cali, 4,20 hectáreas en Candelaria, 7,58 hectáreas en Florida, 7,62 hectáreas en Íquira, 1,9 hectáreas en Planadas, 4,04 hectáreas en Pradera, 4,21 hectáreas en Rioblanco, 2,94 hectáreas en Santa María, 1,01 hectáreas en Teruel y 23,17 hectáreas en Tesalia. Para cultivos transitorios se encuentran clasificadas 3,61 hectáreas de Cali, 41,79 hectáreas de Candelaria y 23,40 hectáreas de Florida.

En cuarto lugar se encuentra el uso potencial Agroforestal dentro del cual se encuentran clasificadas las clases agrológicas 6 y 7 con 105,01 hectáreas, equivalentes al 14,47%. Bajo esta clasificación se encuentran suelos con aptitudes Silvoagrícolas con 4,87 hectáreas en Cali, 3,47 hectáreas en Candelaria, 37,58 hectáreas en Íquira, 4,74 hectáreas en Palermo, 23,63 hectáreas en Santa María, 24,45 hectáreas en Teruel y 6,25 hectáreas en Tesalia.

En quinto lugar se presenta el uso potencial Ganadería, el cual comprende clases agrológicas 4 y 6, con 21,98 hectáreas, correspondientes al 3,03%. Dentro de esta categoría se encuentra el tipo de uso pastoreo extensivo en los municipios Candelaria con 5,70 hectáreas, 4,77 hectáreas en el municipio de Florida y 0,12 hectáreas en Íquira. El tipo de uso potencial Pastoreo intensivo y semi-intensivo se presenta en los municipios de Planadas con 9,39 hectáreas, en Florida con 1,55 hectáreas y 0,45 hectáreas en Pradera.

Finalmente se presentan 21,74 hectáreas, equivalentes al 3% que no presentan información registrada en el Estudio General Suelos de los diferentes departamentos.

**Tabla 39 Unidades de capacidad de uso de las tierras en el corredor de 32 metros**

Uso Potencial	Tipo de Uso Potencial	Municipio	Vereda	Área (Hectáreas)	Porcentaje (%)
<b>Conservación</b>	<b>Conservación</b>	Cali	Morga	231,03	31,83
		Íquira	Potreros		
			Santa Barbara		
		Planadas	Puerto Tolima		
		Pradera	Arenillo		
			Bolo Azul		
			Bolo Blanco		
			El Retiro		
		Rioblanco	Potreros		
			Campo Hermoso		
		Santa María	Territorios Nacionales		
			El Censo		
			El Vergel		
			Jerusalén		
			San Francisco		
		Teruel	Santa Lucía		
			Estambul		
	Gualpi				
	Monserate				
	Primavera				
Sinai					
Varas Meson					
Tesalia	Alto de la Hocha				
<b>Recursos Hídricos</b>	Cali	Morga	1,30	0,18	
	Candelaria	Tiple Abajo			
	Íquira	Santa Barbara Santa Lucía			
<b>Forestal</b>	<b>Producción-protección</b>	Palermo	Corozal	211,88	29,19
			El Diamante		
			La Florida		
			Libano		
			Los Pinos		
			Moral		
			Nilo		
			Pijao		
		San Gerardo			
		Planadas	Cristalina		
			El Castillo		
			El Diamante		
			El Jardín		
			El Mirador		
			El Paraíso		
			El Silencio		
			La Aldea		
			La Libertad		
			La Ortiga		
			La Primavera		
			Oasis Alto		
			Patagonia		
			Río Claro		
San Gabriel Alto					

Uso Potencial	Tipo de Uso Potencial	Municipio	Vereda	Área (Hectáreas)	Porcentaje (%)
			San Gabriel Bajo	64,16	8,84
			San Joaquin Alto		
			Santa Rosa		
			Siquila		
			Vereda Topacio		
			Vista Hermosa		
			Arenillo		
		Pradera	El Retiro		
			La Carbonera		
			Los Pinos		
			Potrerito		
		Rioblanco	Campo Hermoso		
			Las Mercedes		
			Los Cristales		
			Territorios Nacionales		
		Santa maría	Divino Niño		
			El Censo		
			La Neira		
			San Jose		
		Teruel	Santa Teresa		
Agrícola	Agrosilvopastoril	Cali	Sector Geográfico Valle de Lili	64,16	8,84
		Candelaria	Cuchipe		
			Tiple Arriba		
		Florida	Corregimiento La Diana		
		Íquira	La Hocha		
			Potreritos		
			Santa Barbara		
			Santa Lucia		
		Planadas	Puerto Tolima		
		Pradera	El Recreo		
			El Retiro		
			Parraga		
			Potrerito		
	Rioblanco	Campo Hermoso			
		Las Mercedes			
		Los Cristales			
		Territorios Nacionales			
	Santa maría	El Censo			
		El Vergel			
	Teruel	Estambul			
Tesalia	Alto de la Hocha				
Agrícola	Cultivos transitorios intensivos	Cali	Morga	68,80	9,48
			Sector Geográfico Valle de Lili		
		Candelaria	Alto El Caballo		
			Corregimiento Buchitolo		
			Corregimiento San Joaquin		
			Cuchipe		
			La Asequia		
			La Solorza		
Las Cuarenta					

Uso Potencial	Tipo de Uso Potencial	Municipio	Vereda	Área (Hectáreas)	Porcentaje (%)
			No identificado		
			Tiple Abajo		
			Tiple Arriba		
		Florida	Balsilla		
			Cañales		
			Cañas Abajo		
			Corregimiento La Diana		
			Corregimiento San Antonio de los Caballeros		
Agroforestal	Silvoagrícola	Cali	Morga	105,01	14,47
		Candelaria	Corregimiento San Joaquin		
			Tiple Abajo		
		Íquira	La Hocha		
			Santa Barbara		
		Palermo	Santa Lucía		
			El Diamante		
			El Viso		
			La Florida		
			Nilo		
		Santa maría	San Gerardo		
			Bache		
			El Encanto		
			Los Pinos		
			San Francisco		
			Santa Lucía		
			El Tablón		
		Teruel	Estambul		
			Monserate		
			Pedernal		
			Primavera		
			Sinai		
Varas Meson					
Tesalia	Yarumal				
Ganadería	Pastoreo extensivo	Candelaria	Alto de la Hocha	10,59	1,46
			Corregimiento Buchitolo		
			La Asequia		
		Las Cuarenta			
	Florida	Cañales			
		Cañas Abajo			
	Íquira	Santa Lucía			
	Pastoreo intensivo y semi-intensivo	Planadas	Puerto Tolima	9,39	1,29
			Rio Claro		
	Pastoreo intensivo y semi-intensivo	Florida	Balsilla	2,00	0,28
Cañas Abajo					
Corregimiento San Antonio de los Caballeros					
El Recreo					
		Pradera	la Granja		
		Florida	Corregimiento La Diana	21,74	3,00
			Corregimiento San Antonio de los Caballeros		

Uso Potencial	Tipo de Uso Potencial	Municipio	Vereda	Área (Hectáreas)	Porcentaje (%)
		Pradera	El Recreo		
			Floresta		
			la Granja		
			Lomitas		
			Parraga		
			Potrerito		
			Vallecito		
<b>Total</b>				725,90	100,00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### Unidades de capacidad de uso de las tierras en las áreas de infraestructura asociada

En las áreas de infraestructura asociada, presentadas en la Tabla 40 se observa que el mayor porcentaje de tierras poseen una capacidad de uso Conservación con un 49,37% de la cobertura total (14,14 hectáreas) cuyo tipo de uso es Conservación y Protección distribuidas en siete municipios: Iquira (0,36 hectáreas), Santa María (0,09 hectáreas), Teruel (0,02 hectáreas) y Tesalia (0,14 hectáreas) en Huila; Planadas (0,11 hectáreas) y Rioblanco (2,29 hectáreas) Tolima; Pradera (11,12 hectáreas) en Valle del Cauca.

En segundo lugar se encuentran tierras con uso potencial Forestal con un 24,51% de la cobertura total (7,02 hectáreas) con tipo de uso Producción-Protección presente en los municipios Palermo (0,40 hectáreas) y Santa María (0,04 hectáreas) en Huila; Planadas (2,32 hectáreas) y Rioblanco (3,64 hectáreas) en Tolima y Pradera (0,61) en Valle del Cauca.

En tercer lugar de importancia se encuentra el uso potencial Agrícola con 15,43% de participación en el área total (4,42 hectáreas), con tipo de uso potencial Agrosilvopastoril presente en los municipios de Cali (0,72 hectáreas) en Valle del Cauca; Iquira (0,01 hectáreas), Santa María (0,27 hectáreas) y Tesalia (0,36 hectáreas) en Huila y Rioblanco (1,62 hectáreas) en Tolima. El tipo de uso potencial cultivos transitorios intensivos se identificó en los municipios de Cali (0,36 hectáreas) y Candelaria (1,08 hectáreas) Valle del Cauca.

En cuarto lugar se encuentra el uso Potencial Ganadería con 3,55% de participación con respecto al área total de estudio, uso bajo el cual se encuentra el pastoreo extensivo presente en el municipio de Florida (0,36 hectáreas) y el tipo de uso Pastoreo intensivo y semi-intensivo en el municipio de Planadas (0,66 hectáreas).

Finalmente se presenta el uso potencial Agroforestal con 2,91% de participación con respecto al área total, bajo el cual se clasifica el tipo de uso potencial Silvoagrícola presente en los municipios de Iquira (0,15 hectáreas), Teruel (0,37 hectáreas), Santa María (0,03 hectáreas), Tesalia (0,22 hectáreas) y Palermo (0,06 hectáreas) en Huila.

En consecuencia es necesario presentar un manejo adecuado de estas zonas debido a que su mal uso podría generar algún tipo de erosión afectando en un futuro otros usos para estas tierras. Aunque las plazas de tendido serán áreas transitorias, es decir, su uso no será permanente, su instalación podría generar alguna limitación a las especies tanto vegetales como animales presentes en la zona.

**Tabla 40 Unidades de capacidad de uso de las tierras en las plazas de tendido**

Uso Potencial	Tipo de Uso Potencial	Municipio	Área (Hectáreas)	Porcentaje (%)	
Conservación	Conservación	Íquira	0,36	49,37	
		Planadas	0,11		
		Pradera	11,12		
		Rioblanco	1,93		
			0,36		
		Santa maría	0,09		
		Teruel	0,02		
Forestal	Producción-protección	Tesalia	0,14	24,51	
		Palermo	0,40		
		Planadas	2,32		
		Pradera	0,61		
		Rioblanco	3,64		
Agrícola	Agrosilvopastoril	Santa maría	0,04	10,41	
		Cali	0,72		
		Íquira	0,01		
		Rioblanco	1,62		
	Cultivos transitorios intensivos	Santa maría	0,27		5,03
		Tesalia	0,36		
		Cali	0,36		
Sin información	Sin información	Candelaria	1,08	4,23	
		Florida	0,36		
Ganadería	Pastoreo extensivo	Pradera	0,85	1,26	
	Pastoreo intensivo y semi-intensivo	Florida	0,36		
		Planadas	0,66		2,30
Agroforestal	Silvoagrícola	Íquira	0,15	2,91	
		Palermo	0,06		
		Santa maría	0,03		
		Teruel	0,37		
		Tesalia	0,22		
<b>Total</b>			<b>28,63</b>	<b>100,00</b>	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### Unidades de capacidad de uso en las áreas de adecuación

En la Tabla 41 se muestran las áreas de adecuación con 61,98 hectáreas, las cuales presentan suelos aptos para la actividad Forestal ocupando un 35,65% de la cobertura total con un total de 22,09 hectáreas, estos suelos pertenecen a la clase agrológica 7 la cual permite o posibilita un uso mixto del bosque, aunque su uso primordial es de protección y reforestación; Estos suelos ostentan un tipo de uso de Producción-protección con áreas en los municipios de Palermo (2,45 hectáreas) y Santa María (1,22 hectáreas) en el departamento de Huila; Planadas (11,78 hectáreas) y Rioblanco (4,22 hectáreas) en el departamento de Tolima y Pradera (2,43 hectáreas) en el Valle del Cauca.

En segundo lugar están los suelos cuyo uso potencial es conservación, tipo de uso Forestal protectora distribuidos en los municipios: Iquira (1,66 hectáreas), Santa María (1,34 hectáreas) Tesalia (0,08 hectáreas) y Teruel (1,96 hectáreas) en el departamento del Huila, Planadas (2,39 hectáreas) y Rioblanco (4,06 hectáreas) departamento del Tolima y Cali (0,04) y Pradera (8,40 hectáreas) en el departamento del Valle del Cauca.

En tercer lugar están los suelos cuyo uso potencial es agroforestal, tipo de uso Silvoagrícola distribuidos en tres municipios Santa María (1,54 hectáreas), Teruel (1,60

hectáreas), Palermo (0,44 hectáreas) y Tesalia (0,49hectáreas) en el departamento del Huila; Cali (0,06 hectáreas) y Candelaria (0,05 hectáreas) en el Valle del Cauca.

En cuarto lugar están los suelos cuyo uso potencial es Agrícola los cuales representan un 13,90% del área total (8,62hectáreas), donde el tipo de uso Agrosilvopastoril distribuidos en los municipios de Iquira (1,78 hectáreas), Tesalia (2,51hectáreas), Santa María (0,05 hectáreas) y Teruel (0,28 hectáreas) en el departamento del Huila; Cali (0,48 hectáreas), Florida (0,51) y Candelaria (0,01 hectáreas) y Planadas (0,18 hectáreas) y Rioblanco (0,45 hectáreas) en el departamento del Tolima. El tipo de uso cultivos transitorios intensivos se distribuyen en Cali, Candelaria y Florida, equivalentes al 2,99%.

Finalmente se presenta el uso potencial Ganadería con 0,91% del área de adecuación con zonas aptas para pastoreo extensivo y pastoreo intensivo y semi-intensivo en los municipios de Candelaria y Florida Valle del Cauca; Íquira en Huila y Planadas en Tolima.

**Tabla 41 Uso potencial del suelo en la áreas de adecuación**

Uso Potencial	Tipo de Uso Potencial	Municipio	Área (Hectáreas)	Porcentaje (%)
<b>Forestal</b>	Producción-protección	Palermo	22,09	35,65
		Planadas		
		Pradera		
		Rioblanco		
		Santa maría		
<b>Conservación</b>	Conservación	Cali	19,93	32,16
		Íquira		
		Planadas		
		Pradera		
		Rioblanco		
		Santa maría		
		Teruel		
		Tesalia		
		Recursos Hídricos		
	<b>Agroforestal</b>	Silvoagrícola	Cali	9,30
Candelaria				
Íquira				
Palermo				
Santa maría				
Teruel				
Tesalia				
<b>Agrícola</b>	Agrosilvopastoril	Cali	6,76	10,91
		Candelaria		
		Florida		
		Íquira		
		Planadas		
		Pradera		
		Rioblanco		
		Santa maría		
		Teruel		
		Tesalia		
	Cultivos transitorios intensivos	Cali	1,86	2,99
		Candelaria		
		Florida		

Uso Potencial	Tipo de Uso Potencial	Municipio	Área (Hectáreas)	Porcentaje (%)
Sin información	Sin información	Florida	1,43	2,31
		Pradera		
Ganadería	Pastoreo extensivo	Candelaria	0,35	0,56
		Florida		
		Íquira		
	Pastoreo intensivo y semi-intensivo	Florida	0,22	0,35
Planadas				
<b>Total</b>			<b>61,98</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

A continuación se describen los tipos de uso potencial del suelo identificados y caracterizadas en el sector de Las Mercedes. En la Tabla 42 se presenta el uso y tipo de uso potencial identificado en el sector.

**Tabla 42 uso potencial del suelo en el sector "Las Mercedes"**

Uso potencial	Tipo de uso potencial	Cubrimiento	
		Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Forestal	Producción-protección	2.317,03	56,06%
Agrícola	Cultivos transitorios intensivos	599,74	14,51%
Conservación	Protección	533,99	12,92%
Agrícola	Cultivos transitorios semi-intensivos	314,19	7,60%
Agroforestal	Agrosilvopastoril	284,22	6,88%
Agrícola	Pastoreo intensivo y semi-intensivo	84,07	2,03%
<b>Total</b>		<b>4.133,24</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

El uso potencial de dicha área está predominado por el uso forestal de tipo producción-protección, cuenta con el 56,06 % de cubrimiento, en el segundo lugar se ubican las áreas con uso potencial agrícola, referido principalmente a los cultivos transitorios intensivos, representa el 14, 51 % del área; en el tercer lugar están las áreas de conservación, las cuales representan al 12.92 % y en el cuarto, quinto y sexto lugar los usos referentes a actividades agropecuarios con porcentajes del 7,60 %, 6,88 % y 2.03 % respectivamente.

### 3.2.2.3 Uso actual del suelo

Se define como el empleo que le da el hombre a la cobertura del suelo, ya sea con fines productivos, (explotaciones agrícolas y pecuarias), de comunicación y vivienda (tejido urbano continuo y discontinuo, ríos y vías) o de protección y conservación (bosques de galería o ripario y vegetación secundaria alta).

Siendo el suelo, el recurso principal de estas actividades es necesario realizar prácticas que disminuyan su deterioro, adoptar y adaptar tecnologías que contribuyan a su conservación e incentiven el manejo sostenible de los recursos naturales que interactúan en la dinámica Suelo-planta-hombre. El cambio de uso del suelo en Colombia es dinámico y constante, estos cambios no siempre se acoplan a las características físicas, químicas y biológicas y a la fragilidad implícita de los suelos.

El desarrollo del uso actual del suelo para el área de estudio se realizó mediante la agrupación de las diferentes coberturas identificadas por el componente flora, esta unificación se hace en relación a la funcionalidad, lo cual se convierte en sectores que manifiestan los mismos patrones de producción y uso de los recursos naturales

asociados en especial los suelos. De acuerdo a los criterios de la geodatabase emitida por la autoridad nacional de licencias ambientales (ANLA) se identifica, el uso del suelo y el tipo de uso del suelo, para algunas áreas no es necesario realizar tal disgregación pero en el caso de producción agrícola los diferentes tipos de cultivos encontrados en el área requerían ser diferenciados espacialmente, de igual forma con las áreas de conservación y protección.

• **Uso actual del suelo en el área de influencia indirecta**

En la Tabla 43 se observan los usos encontrados para el área de influencia indirecta, en la cual se encuentra como actividad número 1 la Explotación Pecuaria el cual se presenta con el 27,15% con respecto al área de estudio, con 8214,68 hectáreas de pastos arbolados y pastos limpios, distribuidos por toda el área estudio; seguidamente se encuentra el Uso Agrícola representando por el 21,92% con 6.633,96 hectáreas, que se encuentran plantadas con gran variedad de cultivos, donde sobresale la participación del cultivo de caña con 6199,96 hectáreas y una participación del 20,48% con respecto al área de estudio, las cuales se encuentran ubicadas en los municipios de Cali, Florida, Candelaria y Pradera. Además de los cultivos de Caña, se presentan también cultivos de Cacao, café, cereales, cultivos permanentes arbustivos y cultivos permanentes herbáceos.

En tercer lugar se encuentra el uso Conservación con 6629,93 hectáreas y una participación de 21,91% con respecto al área indirecta del proyecto, se encuentran formados por coberturas de arbustal abierto, arbustal denso, bosque denso, vegetación de Páramo y subpáramo, vegetación secundaria alta y recursos hídricos. En cuarto lugar se ubica el Uso Descanso o Recuperación natural con una representación del 12,87% y 3894,36 hectáreas del área, están conformado por coberturas de pastos enmalezados y vegetación secundaria baja que se encuentran distribuidos homogéneamente por la totalidad del área de estudio.

En quinto lugar de uso se ubica el Uso Agroforestal, derivado de la cobertura mosaico de cultivos y espacios naturales y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y mosaico de pastos con espacios naturales, con una participación del 7,82% del área de estudio y un área de 2364,93 hectáreas. En sexto lugar se encuentra el uso Forestal, derivado de las coberturas Bosque fragmentado, plantación forestal y bosque de galería y/o ripario, con 1314,00 hectáreas y 4,34% de participación con respecto al área total.

En séptimo lugar de importancia por su área de cobertura se encuentra el uso Agropecuario, derivado de la cobertura mosaico de pastos y cultivos, con una extensión de 440,07 hectáreas y una participación de 1,45%. Y finalmente se encuentra el uso urbano correspondiente a 21,81 hectáreas y una participación de 0,07%.

El uso potencial Tierras desnudas y degradadas, con una extensión de 5,08 hectáreas no presenta uso determinado y 741,27 hectáreas no fue posible identificar su cobertura por condiciones climáticas, correspondientes al 2,45% del área total de estudio.

**Tabla 43 Uso actual del suelo en el área de estudio (All)**

Uso Actual	Tipo de Uso Actual	Cobertura	Área (Hectáreas)		Porcentaje (%)
Ganadería	Explotación Pecuaria	Pastos arbolados	8214,68	8214,68	27,15
		Pastos limpios			
Agrícola	Explotación Agrícola	Cacao	6633,96	6633,96	21,92
		Café			

Uso Actual	Tipo de Uso Actual	Cobertura	Área (Hectáreas)		Porcentaje (%)
		Caña			
		Cereales			
		Cultivos permanentes arbustivos			
		Cultivos permanentes herbáceos			
		Mosaico de cultivos			
Conservación	Conservación	Arbustal abierto	6529,45	6629,93	21,91
		Arbustal denso			
		Bosque denso			
		Vegetación de Páramo y Subpáramo			
		Vegetación secundaria alta			
	Recursos Hídricos	Ríos (50 m)	100,47		
Descanso y recuperación	Descanso y recuperación	Pastos enmalezados	3894,36	3894,36	12,87
		Vegetación secundaria baja			
Agroforestal	Protección y Explotación Agropecuaria	Mosaico de cultivos y espacios naturales	775,73	2364,93	7,82
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales			
	Protección y Explotación Pecuaria	Mosaico de pastos con espacios naturales	1589,20		
Forestal	Producción-Protección	Bosque fragmentado	160,85	1314,00	4,34
		Plantación forestal			
	Protección	Bosque de galería y/o ripario	1153,15		
Sin información	Sin información	Nube	741,27	741,27	2,45
Agropecuario	Explotación Agropecuaria	Mosaico de pastos y cultivos	440,07	440,07	1,45
Urbano	Urbano	Tejido urbano discontinuo	21,81	21,81	0,07
Sin uso determinado	Sin uso determinado	Tierras desnudas y degradadas	5,08	5,08	0,02
<b>Total</b>			<b>30260,09</b>	<b>30260,09</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A.2014

A continuación se presenta la descripción de cada uno de los Tipo de usos del suelo encontrados en el área de estudio.

#### Foto 223 (EP) Explotación Pecuaria



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

La explotación pecuaria se desarrolla en dos modalidades; La modalidad predominante en el área estudio corresponde a la ganadería de tipo tradicional la cual se caracteriza por tener bajo a nulo nivel de tecnificación, su propósito es principalmente de ceba, sobrepastoreo y la nula rotación de cultivos lo cual puede justificar el deterioro ambiental por su establecimiento, este uso hace referencia a coberturas de pastos limpios y pastos arbolados.

La segunda modalidad corresponde a ganadería tecnificada la cual se desarrollan en fincas que cuentan generalmente con la asistencia de un profesional del área, en esta modalidad se realizan prácticas como selección genética, rotación de potreros, fertilización de praderas, vacunaciones, suministro de dietas y monitoreo constante en la capacidad de carga. Este uso está distribuido en toda el área de estudio.

#### Foto 224 (EA) Explotación Agrícola



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

El uso agrícola está representado por varias clases de cultivos como Caña, Cacao, Café, Cereales, cultivos permanentes arbustivos y cultivos permanentes herbáceos las coberturas herbáceas que se asocian a cultivos de tipo permanente, los cuales se caracterizan por que su ciclo fenológico (desarrollo de las plantas cultivadas, relacionando los factores edafo - climáticos durante su evolución vegetativa, germinación, floración, producción y senectud) supera los 3 años.

#### Foto 225 (CS) Conservación



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

Este uso está asociado a las áreas en las cuales se les ha otorgado alguna medida de protección con el objetivo de mantener o preservar sus valores con el propósito de garantizar a un corto, mediano y largo plazo, el bienestar social, económico y cultural de la sociedad. Lugares con características similares tienen gran relevancia en Colombia ya que siendo el segundo país más rico en especies del mundo, después de Brasil, (el cual posee más especies, en una superficie siete veces mayor) es necesario implementar medidas de manejo que nos permitan ser beneficiarios de los servicios ambientales y a la vez mantener la biodiversidad.

En algunos casos es posible realizar algún tipo de uso racional de sus servicios (la totalidad de las prácticas ejecutadas en dichas áreas deben estar orientadas hacia la sostenibilidad y la sustentabilidad).

Adicionalmente, bajo este uso se diferencian los cauces y áreas aledañas de las principales corrientes hídricas, que actualmente son utilizados para consumo doméstico, aprovechamiento de frutos silvestres y pesca. Adicionalmente los cauces son utilizados para la navegación fluvial en transporte tanto de personas como de mercancías. En el caso del consumo humano, riego y consumo animal se sumarían otras fuentes tales como las Quebradas. Para estos usos se asocia la cobertura representada por los ríos y quebradas, cabe resaltar que el uso de las mismas está supeditado al nivel de agua que mantengan.

#### **Foto 226 (DR) Descanso o Recuperación Natural**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

Este uso se presenta como consecuencia del abandono o suspensión de actividades agropecuarias, observando el crecimiento de una cobertura baja de rastrojo o malezas en los pastos, se determina que estas tierras se encuentran en una etapa de descanso propiciando la recuperación de la fertilidad natural de los suelos, aplicando las prácticas de preparación necesaria pueden ser incorporadas de nuevo a la actividad agropecuaria en el corto plazo.

El mantener estas aéreas en descanso o recuperación favorecerá el proceso dinámico natural de reciclaje de nutrientes.

### **(EAPPR) Protección y Explotación Agropecuaria**

Este uso hace referencias a las áreas cubiertas por mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales y que por sus dimensiones no es posible disgregarlos cartográficamente, según la leyenda nacional de coberturas los mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales se describen como superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad se integran actividades agrícolas, ganaderas y forestales de protección-producción.

#### **Foto 227 (EPPR) Protección y Explotación Pecuaria**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2013

Este uso está asociado a la cobertura de mosaico de pastos con espacios naturales la cual esta descrita en la leyenda nacional de cobertura de la tierra como un área constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales.

En esta cobertura, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural. Generalmente en este tipo de áreas se desarrolla la ganadería convencional, el ganado generalmente de tipo vacuno, en pastoreo extensivo y en medio de las áreas con arbustales.

### **(PRP) Protección-Producción**

Este uso está asociado a coberturas de bosque fragmentado y plantaciones forestales (bosque natural o plantado) donde debe prevalecer la protección de los recursos naturales en general. Algunas áreas son aprovechadas en actividades de producción del bosque en forma selectiva, las cuales se deben realizar bajo medidas de conservación estricta debido a su susceptibilidad al desequilibrio ecológico.

### Foto 228 (PP) Protección



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

Este uso hace mención a las áreas destinadas a la protección y mantenimiento de la diversidad biológica y de los recursos naturales. La cobertura asociada en el área de estudio a este uso es Bosque de galería o ripario, está directamente relacionado con la conservación de ecosistemas y recursos naturales; juega un papel importante en la dinámica hídrica, ya que de existir algún tipo de intervención debe implementar medidas de manejo con el fin de mitigar los impactos generados por dicha acción.

### (SI) Sin información

Aun sin ser un uso, es necesario mencionar estas áreas, las cuales por la nubosidad y la complejidad de los accesos a algunas zonas del área de estudio, no fue posible caracterizar. Áreas denominadas en la cobertura como “nube”.

### (EAP) Explotación Agropecuaria

EL uso denominado Explotación Agropecuaria, hace referencia a las áreas que tienen como cobertura los mosaicos de pastos y cultivos, integran la producción agrícola y la producción pecuaria, ya sea de carne o de leche, en la producción agrícola puede estar conformada por cultivos perennes o transitorios.

### Foto 229 (UR) Urbano



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2013

Se presentan para estas áreas los usos referidos al desarrollo de la población y la dinámica propia de los centros urbanos, caracterizados igualmente por el desarrollo en diferentes grados de infraestructura propia para el desarrollo de las principales funciones humanas: residenciales, comerciales, de servicios, institucionales, recreacionales y de transportes, entre otras posibles. Define este uso actual la cobertura correspondiente principalmente al tejido urbano continuo.

#### **Foto 230(ND) Sin Uso Determinado**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2013

Son áreas en las cuales su uso no puede estar clasificado dentro de alguna de las categorías existentes, hacen referencia a la tierras con cobertura de tierras desnudas o degradada; según la leyenda nacional de cobertura de la tierra, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000 esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas

- **Uso actual del suelo en el área de influencia directa**

En la Tabla 44 se presenta el uso actual para el área de influencia directa, donde el uso predominante para el corredor de 32 metros es el uso Ganadería con 256,50 hectáreas con una participación del 35,34% de cubrimiento, derivado de las coberturas pastos arbolados y limpios; en segundo lugar se encuentra el uso Agrícola el cual tiene 132,26 hectáreas, representando el 18,22%, derivado de las coberturas Cacao, café, caña, cultivos permanentes arbustivos y herbáceos; en tercer lugar se encuentra el uso Conservación con 126,98 hectáreas y una representación del 17,49%, derivadas de las coberturas Arbustal abierto, arbustal denso, bosque denso, vegetación de paramo y subparamo y vegetación secundaria alta.

El cuarto lugar lo ocupa el uso Descanso y recuperación con 98,32 hectáreas y una participación de 13,54%, derivado de las coberturas pastos enmalezados y vegetación secundaria baja; en quinto lugar se ubica el uso Agroforestal con 58,91 hectáreas y una participación de 8,12% con respecto al área total, se deriva de las coberturas mosaico de cultivos y espacios naturales, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales; en sexto lugar se encuentra el uso Forestal con 36,82 hectáreas, equivalentes al 5,07% del área de estudio, derivado de las coberturas bosque

fragmentado, plantación forestal, bosque de galería y/o ripario; Finalmente se encuentra el uso Agropecuario con 7,73 hectáreas, equivalentes a 1,07% con respecto al área de influencia directa, derivado de la cobertura mosaico de pastos y cultivos.

**Tabla 44 Uso actual del suelo en el área de influencia directa (AID)**

Uso Actual	Tipo de Uso Actual	Cobertura	Área (Hectáreas)		Porcentaje (%)
Ganadería	Explotación Pecuaria	Pastos arbolados	256,50	256,50	35,34
		Pastos limpios			
Agrícola	Explotación Agrícola	Cacao	132,26	132,26	18,22
		Café			
		Caña			
		Cultivos permanentes arbustivos			
		Cultivos permanentes herbáceos			
Mosaico de cultivos					
Conservación	Conservación	Arbustal abierto	125,90	126,98	17,49
		Arbustal denso			
		Bosque denso			
		Vegetación de Páramo y Subpáramo			
		Vegetación secundaria alta			
Recursos Hídricos	Ríos (50 m)	1,08			
Descanso y recuperación	Descanso y recuperación	Pastos enmalezados	98,32	98,32	13,54
		Vegetación secundaria baja			
Agroforestal	Protección y Explotación Agropecuaria	Mosaico de cultivos y espacios naturales	19,66	58,91	8,12
	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales				
	Protección y Explotación Pecuaria	Mosaico de pastos con espacios naturales	39,24		
Forestal	Producción-Protección	Bosque fragmentado	5,60	36,82	5,07
		Plantación forestal			
	Protección	Bosque de galería y/o ripario	31,22		
Nube	Nube	Nube	8,38	8,38	1,15
Agropecuario	Explotación Agropecuaria	Mosaico de pastos y cultivos	7,73	7,73	1,07
<b>Total</b>			<b>725,90</b>	<b>725,90</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### Uso actual del suelo en las áreas de infraestructura asociada

El área de infraestructura asociada cuenta con un área total de 28,63 hectáreas en las cuales se mantiene el mismo patrón de usos del área de corredor; en primer lugar se encuentra el uso de ganadería con 16,28 hectáreas que equivalen al 56,84%; en segundo lugar se encuentra el uso Conservación con 4,06 hectáreas y una participación de 14,16% con respecto al área en estudio; en tercer lugar se encuentra el uso Agrícola con 3,24 hectáreas de cultivos de caña, equivalentes al 25,02% del área; en cuarto lugar se encuentra el uso Forestal con 1,78 hectáreas, equivalentes al 6,23% del área; en quinto lugar se presenta el uso Descanso y recuperación con 1,71 hectáreas, correspondientes a 5,98 hectáreas del área; en sexto lugar se encuentra el uso Agropecuario con 0,98 hectáreas y 3,42% del área; en séptimo lugar se encuentra el uso Agroforestal con 0,59 hectáreas, correspondientes a 2,04% del área.

**Tabla 45** Uso actual del suelo en las áreas de infraestructura asociada

Uso Actual	Tipo de Uso Actual	Cobertura	Área (Hectáreas)			Porcentaje (%)
Ganadería	Explotación Pecuaria	Pastos arbolados	1,56	16,28	16,28	56,84
		Pastos limpios	8,19			
Conservación	Conservación	Bosque denso	0,71	4,06	4,06	14,16
		Vegetación de Páramo y Subpáramo	2,72			
		Vegetación secundaria alta	0,86			
			0,11			
			0,36			
Agrícola	Explotación Agrícola	Caña	2,16	3,24	3,24	11,32
Forestal	Producción-Protección	Bosque fragmentado	1,58	1,58	1,78	6,23
	Protección	Bosque de galería y/o ripario	0,03	0,20		
Descanso y recuperación	Descanso y recuperación	Pastos enmalezados	1,04	1,71	1,71	5,98
		Vegetación secundaria baja	0,10			
			0,57			
Agropecuario	Explotación Agropecuaria	Mosaico de pastos y cultivos	0,98	0,98	0,98	3,42
Agroforestal	Protección y Explotación Agropecuaria	Mosaico de cultivos y espacios naturales	0,04	0,05	0,59	2,04
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,02			
	Protección y Explotación Pecuaria	Mosaico de pastos con espacios naturales	0,03	0,53		
<b>Total</b>			<b>28,63</b>	<b>28,63</b>	<b>28,63</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### Uso actual del suelo en las áreas de adecuación

Las áreas de adecuación abarcan 61.98 hectáreas en las cuales se presentan siete usos del suelo. En primer lugar el uso Ganadería con 28,90 hectáreas representado casi el 46,52% del área; en segundo lugar se encuentra el uso descanso y recuperación natural con 10,90 hectáreas, equivalentes al 17,77%; en tercer lugar se ubica el uso conservación con el 12,06% representado por 7,50 hectáreas; en cuarto lugar se presenta el uso Agroforestal con 5,32 hectáreas, correspondientes al 8,56%; en quinto lugar se presenta el uso Agrícola con 4,78 hectáreas y una participación de 7,72% con respecto al área de estudio; Y finalmente se encuentra con área muy pequeñas los sus Forestal y Agropecuario con una participación de 5% y 1,27% respectivamente.

**Tabla 46** Uso actual del suelo en las áreas de adecuación

Uso Actual	Tipo de Uso Actual	Cobertura	Área (Hectáreas)		Porcentaje (%)
Ganadería	Explotación Pecuaria	Pastos arbolados	28,90	28,90	46,52
		Pastos limpios			
Descanso y recuperación	Descanso y recuperación	Pastos enmalezados	10,90	10,90	17,77

Uso Actual	Tipo de Uso Actual	Cobertura	Área (Hectáreas)		Porcentaje (%)
		Vegetación secundaria baja			
Conservación	Conservación	Arbustal abierto	7,48	7,50	12,06
		Arbustal denso			
		Bosque denso			
		Vegetación de Páramo y Subpáramo			
	Recursos Hídricos	Ríos (50 m)	0,02		
Agroforestal	Protección y Explotación Agropecuaria	Mosaico de cultivos y espacios naturales	1,53	5,32	8,56
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales			
	Protección y Explotación Pecuaria	Mosaico de pastos con espacios naturales	3,80		
Agrícola	Explotación Agrícola	Caña	4,78	4,78	7,72
		Cultivos permanentes arbustivos			
		Mosaico de cultivos			
Forestal	Producción-Protección	Bosque fragmentado	0,46	3,10	5,00
	Protección	Bosque de galería y/o ripario	2,64		
Agropecuaria	Explotación Agropecuaria	Mosaico de pastos y cultivos	0,79	0,79	1,27
Nube	Nube	Nube	0,68	0,68	1,10
<b>Total</b>			<b>61,98</b>	<b>61,98</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

A continuación se presenta el uso actual del suelo identificado y caracterizado en el sector "Las Mercedes".

**Tabla 47 uso actual del suelo en el sector "Las Mercedes"**

Uso Actual	Tipo de uso Actual	Cubrimiento	
		hectáreas (ha)	porcentaje (%)
Conservación	Conservación	1.228,82	29,73%
Sin información	Sin información	1.070,38	25,90%
Agrícola	Cultivos transitorios intensivos	601,07	14,54%
Conservación	Recuperación	586,49	14,19%
Ganadería y forestal	Protección y Producción pecuaria	320,15	7,75%
Ganadera	Producción pecuaria	282,13	6,83%
Forestal	Protección	30,32	0,73%
Agropecuaria	Producción agropecuaria	13,86	0,34%
<b>Total</b>		<b>4.133,24</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

En la Tabla 47 Se observa la distribución espacial de cada uno de los usos actuales derivados a partir de la cobertura del suelo en el sector las mercedes, en este ítem se presenta un caso particular , ya que existe un área que no cuenta con fotointerpretación, debido a la densa nubosidad, dicha área representa el 25,90 % del sector, ubicada en el segundo lugar; en primer lugar se encuentran las áreas con uso de conservación con el

29,73 % en tercer lugar se encuentra el uso agrícola el cual cubre el 14,54 % del área, en el cuarto lugar se encuentra el uso llamada conservación y representa el 14,19 %, en el quinto lugar se encuentra el uso ganadería y forestal con cubrimiento del 7,75%. En el sexto lugar se encuentra el uso de ganadería, el cual hace referencia a la producción pecuaria con el 6,83 %. Y por último en el séptimo y octavo lugar se encuentran los usos forestal y agropecuario con cubrimientos menos el 1 %.

#### 3.2.2.4 Conflicto de uso del suelo

La dinámica del medio natural influenciado por el desarrollo económico y social ha ocasionado un nuevo estado de desarrollo, en el cual se determinan un conjunto de conflictos de uso del suelo y por consiguiente de los recursos naturales, la identificación de los diferentes niveles de conflicto permite establecer el real aprovechamiento y deterioro del recursos suelo, respecto de su explotación actual representada tanto por los usos como por las coberturas.

El establecimiento de las diferentes categorías de conflictos de uso del suelos se sustenta en un proceso de confrontación simultanea de las temáticas definidas como uso actual asociado a la cobertura vegetal versus la capacidad de uso de las tierras, para determinar así, en mayor o menor grado la discrepancia entre el aprovechamiento actual de las tierras y la oferta edáfica estimada por medio de la clasificación de las tierras. En desarrollo de este análisis se adoptan las categorías de conflicto que se definen a continuación.

- Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado TSC: Las tierras sin conflicto corresponde a aquellas en las cuales los usos actuales presentes guardan correspondencia total con la capacidad de uso de las tierras o uso potencial y no se presenta deterioro ambiental de mayor significancia en el recurso suelo, con la presencia de actividades concordantes con su capacidad natural productiva.

De otra parte en razón de las características ambientales del área de estudio, la cual posee sectores con una oferta edáfica de baja a moderada que pudiera potenciarse con procesos de adecuación de tierras y manejo agronómico y adicionalmente la presencia de relictos de ecosistemas que aún conservan valores y suministran bienes y servicios ambientales, los que igualmente favorecen la presencia de hábitad, alimento y refugio, para la fauna asociada, no se considera pertinente habilitar estas tierras o sectores para la implementación de desarrollos agropecuarios y/o forestales o agroforestales, ya que pudieran potencializar la degradación de las tierras y la deforestación, por lo tanto se incluyen dentro de la categoría de tierras sin conflictos de uso o uso adecuado, las categorías que corresponden a; conflictos por subutilización ligera, conflictos por subutilización moderada y conflicto por subutilización severa.

- Conflicto por sobreutilización ligera CSOL: Las tierras en conflicto por sobreutilización ligera igualmente se denominan como tierras en conflicto bajo, cuya explotación, actividad económica y/o uso actual, están próximas a la capacidad de uso de las tierras o uso potencial, evidenciando una ligera inconsistencia, mostrando así un nivel de intensidad de explotación que supera el recomendado, con el consiguiente deterioro paulatino y progresivo que se puede evidenciar en el incremento de procesos erosivos, la disminución de la fertilidad natural.

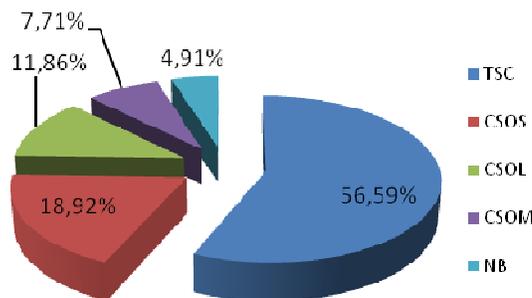
- **Conflicto por sobreutilización moderada CSOM:** Las tierras en conflicto por sobreutilización moderada igualmente se denominan como tierras en conflicto medio en las que el uso actual según el tipo de cobertura vegetal existente, supera de forma moderada su capacidad de uso o uso potencial, afectando en la misma medida el recurso suelo, evidenciado por el desarrollo de procesos erosivos, pérdida de la fertilidad natural, disminución de la productividad y la capacidad de regeneración de las tierras, auspicando la pérdida de la flora nativa y de hábitat de fauna.
- **Conflicto por sobreutilización severa CSOS:** Las tierras en conflicto por sobreutilización severa igualmente se denominan como tierras en conflicto alto en las que se presenta un aprovechamiento o uso actual intensivo o inadecuado, con una afectación del medio natural, que supera su capacidad de soporte en grado severo; estos suelos presentan degradación avanzada tanto actual como potencial que se manifiesta por procesos erosivos, fenómenos de remoción en masa, pérdida de las características de los suelos, de forma paralela se presenta la alteración de otros elementos asociados, como son el agua, la flora y la fauna, deteriorando ecosistemas de gran importancia para la regulación del medio natural y la prestación de servicios ambientales

• **Conflicto de uso del suelo en el área de influencia indirecta**

En la Figura 64 se presenta el conflicto del suelo identificado en el área de estudio, donde se evidencia que el 43,41% del área presenta algún grado de conflicto desgregado de la siguiente manera:tierras con conflicto por sobreutilización severa con 5725,94 hectáreas que representan el 18,92% del área; áreas con conflicto por sobreutilización ligera con 3589,58 hectáreas, equivalentes al 11,86%; áreas con conflicto por sobreutilización moderada con 2333,29 hectáreas, equivalentes al 7,71%; y por último 1486,50 hectáreas que no fue posible identificar su uso actual y en algunos casos no existe información de uso potencial.

Las tierras sin conflicto de uso o uso adecuado presentan cubrimiento de 17124,78hectáreas representando el 56,59% del área de estudio.

**Figura 64 Conflicto de Uso del suelo en el área de influencia indirecta**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

Para el área de influencia indirecta tenemos que el conflicto por sobreutilización severa con 5725,94 hectáreas, se presenta en un 99,6% en áreas con capacidad de uso Conservación y Forestal (clases agrológicas 7 y 8) que actualmente se encuentran destinadas a actividades agrícolas, ganaderas, agropecuarias y agroforestales; y por centros urbanos que se encuentran ubicados sobre suelos con aptitud Agrícola y Forestal en un 0,4% con respecto al área total del conflicto.

El conflicto por sobreutilización ligera se presenta con una participación del 36% en suelos con capacidad de uso Forestal que actualmente están en uso agroforestal; áreas con aptitud agrícola que actualmente están destinadas a la ganadería, equivalentes al 33% del área que presenta éste conflicto; áreas que tienen capacidad de uso Ganadería y se encuentran actualmente en uso Agrícola en un 19% del área del conflicto y con una participación de 12% se encuentran suelos con capacidad Agroforestal, utilizados actualmente en uso Agrícola.

Las áreas que presentan conflicto por sobreutilización moderada son suelos con capacidad de uso Conservación, Forestal y Agroforestal clasificadas en las clases agrológicas 6 y 7 y que actualmente se encuentran en uso Agrícola, Agropecuario y Ganadero. El uso actual que actualmente presenta mayor representatividad dentro del conflicto es la ganadería con el 51,24% con respecto al área del conflicto por sobreutilización moderada, que tiene una capacidad de uso agroforestal.

Y finalmente existen 1486,50 hectáreas a las cuales no fue posible identificar capacidad de usos y/o usos actuales, por motivos ajenos al estudio.

**Tabla 48 Conflicto de uso del suelo**

Símbolo	Categoría	Descripción Conflictos de Uso	Cubrimiento	
			Hectáreas	%
TSC	Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	Hace referencia al conjunto de tierras con aptitud para ser explotadas en desarrollo agropecuarios o explotación de los recursos naturales en las cuales los usos que se desarrollan están en relativa concordancia con la capacidad de uso determinada, identificando al recursos suelos y los demás recursos conexos en equilibrio sin deterioros evidentes mayores, estableciendo que el potencial mantenimiento de las explotaciones actuales deben incorporar conceptos productivos ambientalmente sostenible propendiendo por el mantenimiento de los recursos naturales en calidad y cantidad adecuada.	17124,78	56,59
CSOS	Conflicto por sobreutilización severa	Determina las tierras que principalmente poseen una aptitud de uso referida a la protección y la conservación, en las cuales se identifican usos actuales que están en total discrepancia respecto de su real capacidad de uso, siendo desprovistas de sus características iniciales perdiendo su funcionalidad de prestación de bienes y servicios ambientales, generando consigo el deterioro de los recursos naturales conexos y la pérdida de la dinámica natural de los ecosistemas que allí se establecen, disminuyendo principalmente la oferta de agua y por consiguiente flora y fauna	5725,94	18,92
CSOL	Conflicto por sobreutilización ligera	Corresponde al grupo de tierras que principalmente poseen aptitud forestal en las cuales los usos que se desarrollan en la actualidad se encuentran en ligera discordancia respecto de su capacidad de uso, lo cual genera o propicia un progresivo incremento del deterioro ambiental manifestado por procesos erosivos, disminución de la fertilidad natural y una afectación ligera de la fauna y la flora asociada, disminuyendo igualmente la potencia oferta de agua.	3589,58	11,86
CSOM	Conflicto por sobreutilización moderada	Define las tierras que poseen aptitudes de protección y conservación e igualmente las que permiten la explotación de los bosques, estableciéndose en estas usos actuales que se identifican en discrepancia moderada respecto de su capacidad de uso, propiciando la potencial generación de efectos negativos sobre los recursos naturales que disminuyen la oferta de servicios ambientales, lo que limita la dinámica de los ecosistemas naturales pudiendo restringir la oferta de recursos asociados como flora, fauna y en especial el agua.	2333,29	7,71
NB	nube	Áreas en las cuales no fue posible realizar la determinación de la cobertura y por ende del uso actual	1486,50	4,91
<b>TOTAL</b>			<b>30260,09</b>	<b>100,00</b>

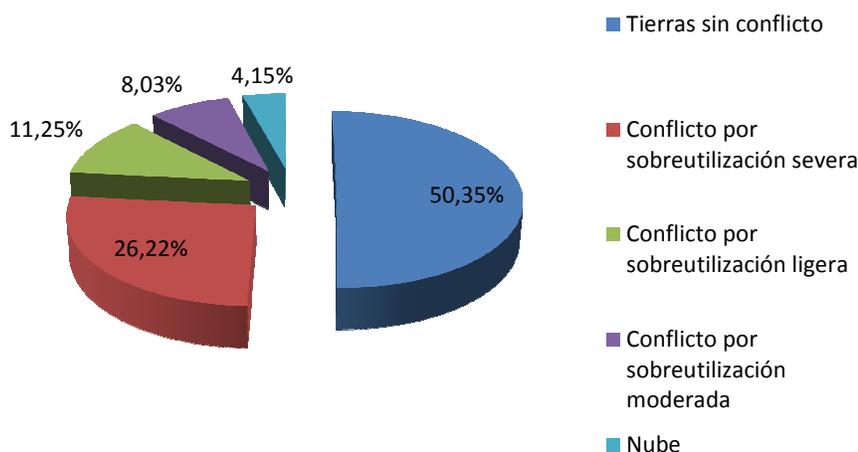
Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

• **Conflicto de uso del suelo en el área de influencia directa**

Para el área de influencia directa y las respectivas áreas que intercepta, se identificaron las principales categorías de conflictos de uso del suelo. Dichas áreas corresponden al corredor de 32 metros, plazas de tendido y vías.

En la Figura 65 se observa los niveles de conflicto de uso del suelos para el área de influencia directa donde el 50,35% del área no presenta ningún tipo de conflicto en el uso, en el segundo lugar se ubican las tierras con conflicto de uso por sobre utilización severa con el 26,22% de cubrimiento, en tercer lugar se presenta el conflicto de uso por sobre utilización ligera con el 11,25%, en cuarto lugar se presenta el conflicto por sobreutilización moderada con 8,03%. Con estas cuatro categorías de conflicto queda cubierto el 95,85% del área y el restante lo representan áreas con nubosidad a las cuales no fue posible estimar el nivel de conflicto.

**Figura 65 Conflicto de uso del suelos en el área de influencia directa**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

En la Tabla 49 se presenta las categorías de conflicto de uso del suelo, donde se identifica que el 49,64%, equivalente a un área de 360,46 hectáreas presentan un grado de conflicto entre ligero y severo y el restante 50,36% equivalente a 365,72 hectáreas no presentan conflicto de uso.

El conflicto de sobreutilización severa se presenta en suelos de clase agrológica 7 y 8 y con capacidad de uso Conservación y Forestal que actualmente se encuentra en actividades ganaderas con una representatividad del 94,87% y en actividades agrícolas, agropecuarias y agroforestales con el porcentaje restante equivalente al 5,12%.

El conflicto de sobreutilización ligera se presenta en suelos de clase agrológica 7 y capacidad de uso Forestal que actualmente se encuentra en uso Agroforestal; suelos de clase agrológica 3 y 4 y capacidad de Uso Agrícola que actualmente se encuentra en Ganadería y capacidad de uso agroforestal que se encuentra en uso Agrícola.

El conflicto de sobreutilización moderada con una participación del 8,03% con respecto al área de estudio, presenta suelos de clase agrológica 6 y 7 y capacidad de uso Agroforestal, Forestal y Conservación que se encuentran en uso agrícola, ganadero y

agroforestal, presentándose mayor área en conflicto donde la capacidad de uso es Agroforestal (clase agrológica 6 y 7) y se encuentra en uso Agropecuario y Ganadería con una participación del 79,84% con respecto al área de conflicto.

**Tabla 49 Conflicto de uso del suelo en el área de influencia directa**

Conflicto	Uso Potencial	Uso Actual	Cubrimiento		
			Área	Hectáreas	Porcentaje %
TSC	Conservación	Conservación	85,39	365,52	50,35
		Descanso y recuperación	21,34		
		Forestal	15,40		
	Agrícola	Agrícola	86,30		
		Agroforestal	0,52		
		Agropecuario	0,11		
		Conservación	2,51		
		Descanso y recuperación	16,96		
		Forestal	2,16		
		Forestal	30,33		
	Forestal	Descanso y recuperación	33,75		
		Forestal	10,92		
		Agrícola	2,56		
	Agroforestal	Agroforestal	9,70		
		Conservación	3,36		
		Descanso y recuperación	26,23		
		Forestal	8,29		
		Forestal	1,32		
	Ganadería	Conservación	5,40		
		Descanso y recuperación	0,05		
Forestal		0,00			
Ganadería		2,94			
CSOS	Conservación	Agrícola	3,97	190,30	26,22
		Agroforestal	5,33		
		Agropecuario	0,46		
		Ganadería	96,12		
CSOL	Forestal	Ganadería	84,43	81,66	11,25
	Forestal	Agroforestal	37,51		
		Ganadería	23,55		
		Agroforestal	12,26		
CSOM	Agroforestal	Agrícola	8,34	58,29	8,03
		Ganadería	44,63		
	Forestal	Agrícola	1,91		
		Agropecuario	4,55		
	Conservación	Agropecuario	5,25		
NB	Sin información	Agropecuario	1,94	30,12	4,15
		Agrícola	14,28		
	Sin información Forestal	Agroforestal	2,59		
		Forestal	0,05		
		Ganadería	4,82		
	Conservación	Nube	5,15		
		Nube	2,39		
Agrícola	Nube	0,85			
Total			725,90	725,90	100,00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### Conflicto de uso del suelo en las plazas de tendido

En la Tabla 50 se presenta los diferentes tipos de conflictos que se presentan en el área de plazas de tendido, donde la mayor área presenta conflicto por sobreutilización severa en 14,14 hectáreas equivalentes al 49,39% del área de estudio. En segundo lugar de importancia por área se encuentran las tierras sin conflicto con 9,71 hectáreas equivalentes a 33,93%; en tercer lugar se presenta el conflicto por sobreutilización ligera con 1,99 hectáreas correspondientes al 6,96% del área de estudio.

**Tabla 50 Conflicto de uso del suelo en áreas de infraestructura asociada**

Conflicto	Departamento	Municipio	Área	Porcentaje %
			Hectárea	
CSOS	Huila	Íquira	14,14	49,39
		Palermo		
		Teruel		
		Tesalia		
	Tolima	Planadas		
		Rioblanco		
	Valle del cauca	Pradera		
TSC	Huila	Íquira	9,71	33,93
		Palermo		
		Santa maría		
		Teruel		
		Tesalia		
	Tolima	Planadas		
		Rioblanco		
	Valle del cauca	Cali		
		Candelaria		
		Pradera		
CSOL	Huila	Íquira	1,99	6,96
		Santa maría		
	Tolima	Planadas		
		Rioblanco		
	Valle del cauca	Florida		
CSOM	Huila	Íquira	1,57	5,49
		Palermo		
		Santa maría		
		Teruel		
		Tesalia		
	Tolima	Planadas		
	Valle del cauca	Pradera		
NB	Valle del cauca	Florida	1,21	4,23
		Pradera		
		Pradera		
<b>Total</b>			<b>28,63</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### Conflicto de uso del suelo en las áreas de adecuación

En la Tabla 51 se presenta los conflictos que se identificaron en las áreas de adecuación las cuales oscilan entre ligeros y moderados en un 54,99% del área, equivalentes a 34,08 hectáreas y el área restante equivale a Tierras sin conflicto correspondiente a 41,60% y 25,78 hectáreas con respecto al área de estudio.

Las áreas en conflicto se subdividen en áreas con conflicto por sobreutilización severa en 21,01 hectáreas equivalentes al 33,90% del área; el conflicto por sobreutilización ligera se

presenta en 7,41 hectáreas equivalentes al 11,96%; el conflicto por sobreutilización moderada abarca 5,66 hectáreas, equivalentes al 9,13% del área de estudio y finalmente se encuentra 2,11 hectáreas a las que no fue posible caracterizar el tipo de conflicto por nubosidad y/o sin información.

**Tabla 51 Conflicto de uso del suelo en las áreas de adecuación**

Conflicto	Departamento	Municipio	Área	
			Hectáreas	Porcentaje %
TSC	Huila	Íquira	25,78	41,60
		Palermo		
		Santa maría		
		Teruel		
		Tesalia		
	Tolima	Planadas		
		Rioblanco		
	Valle del cauca	Cali		
		Candelaria		
		Florida		
	Tolima	Planadas		
Rioblanco				
Valle del cauca	Florida			
	Pradera			
CSOS	Huila	Íquira	21,01	33,90
		Palermo		
		Santa maría		
		Teruel		
		Tesalia		
	Tolima	Planadas		
		Rioblanco		
	Valle del cauca	Cali		
Tolima	Planadas			
Valle del cauca	Pradera			
CSOL	Huila	Íquira	7,41	11,96
		Palermo		
		Santa maría		
		Teruel		
		Tesalia		
	Tolima	Planadas		
		Rioblanco		
	Valle del cauca	Cali		
		Candelaria		
		Florida		
		Florida		
Pradera				
CSOM	Huila	Íquira	5,66	9,13
		Palermo		
		Santa maría		
		Teruel		
		Tesalia		
	Tolima	Planadas		
	Valle del cauca	Pradera		
NB	Huila	Santa maría	2,11	3,41
	Tolima	Planadas		
	Valle del cauca	Florida		
		Pradera		
Total			61,98	100,00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2013

A continuación en la Tabla 52 se muestran los niveles de conflicto de uso del suelo identificado y caracterizado en el sector de Las Mercedes.

En primer lugar se ubica la categoría de tierras con conflicto o uso adecuado, la cual tiene el 64 % del área cubierta, en el segundo lugar se encuentran las áreas sin información con el 25,90 %, dicha área hace referencia al sector que debido a la nubosidad no fue posible foto interpretar y por ende determinar el tipo de uso del suelo, en el tercer lugar se encuentra la categoría de conflicto por sub utilización ligera con el 8.18%, y en cuarto y quinto lugar las tierras con conflicto por sub utilización moderada y severa con el 0.86 % y el 0.71 %.

**Tabla 52 Niveles de conflicto de uso del suelo en el sector "Las Mercedes"**

Conflicto de uso del suelo	Cubrimiento	
	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	2.659,53	64,34%
Sin información	1.070,38	25,90%
Conflicto por subutilización ligera	338,22	8,18%
Conflicto por subutilización moderada	35,72	0,86%
Conflicto por subutilización severa	29,39	0,71%
Total	4.133,24	100.00%

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

### 3.2.3 Hidrología

La variada orografía de los corredores que se presentan en los Tramos desde Tesalia a Alférez, constituye el escenario de una gran red hídrica, cuya abundancia se sustenta en la existencia de gran vegetación y ecosistemas de importancia hídrica conformada por recursos lenticos y loticos; donde se presenta una topografía, escarpada, montañosa con zonas de valles y planicies.

La red de drenajes de dicha área pertenece a las cuencas hidrográficas del Río Cauca, cuenca del Río Saldaña y Río Magdalena, las cuales se describen de manera general en el presente documento.

#### 3.2.3.1 Fuentes de información

Para determinar los patrones de drenaje a nivel regional, básicos para la caracterización y base para la evaluación morfométrica, se empleó la siguiente información con la que se realizaron los respectivos análisis.

- **Cartografía:**

La información cartográfica para los análisis de hidrología empleó información en escala 1:100.000 y específicamente la que se lista a continuación:

Carta Topográfica Nacional - Escala 1: 100.000 Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC

Información hidrológica basada en los planes de ordenamiento territorial de los municipios del Corredor.

- **Información Hidrológica:**

Para la descripción hidrológica del área de influencia del corredor, se utilizó información hidrométrica actualizada suministrada por el IDEAM, entre los años de 1.962 a 2.010. Para efecto de realizar los respectivos estudios de regionalización se emplearon los registros de estaciones de corrientes principales en la zona de estudio, las cuales se presentan en la Tabla 53

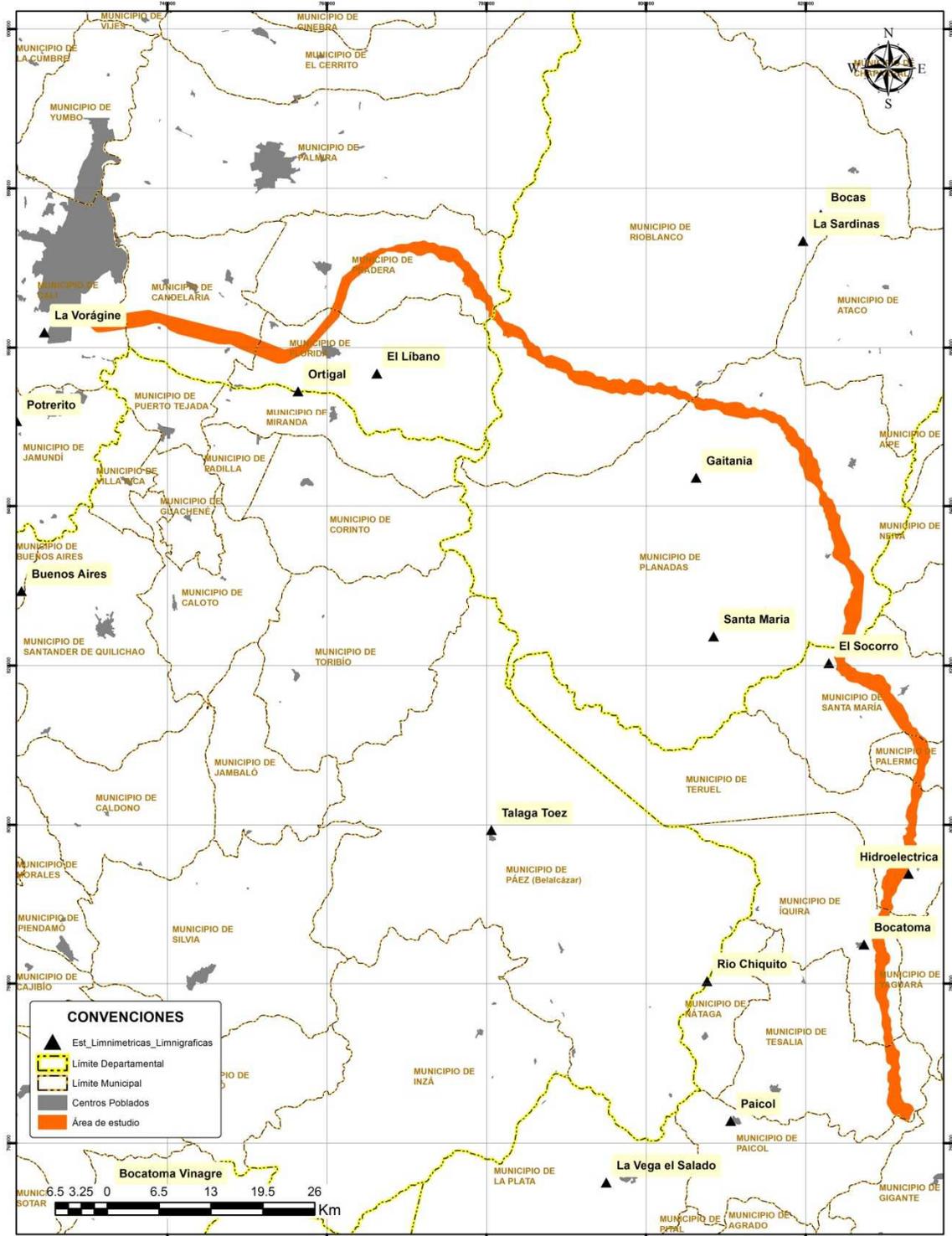
**Tabla 53 Relación de las estaciones utilizadas en el análisis hidrológico**

Código	Tipo	Nombre	Corriente	Departamento	Municipio	Elevación	Localización	
							Este (x)	Norte (y)
2108708	LG	Hacienda Venecia	Yaguará	Huila	Yaguará	575	838461,1	782673,9
2201702	LG	Las Sandinas	Saldana	Tolima	Ataco	1190	819686,1	873407,1
2108704	LG	Hidroeléctrica	Pedernal	Huila	Teruel	740	832912,7	793742,0
2105710	LG	TalagaToéz	Páez	Cauca	Páez	1900	780636,5	799349,6
2105706	LG	Paicol	Páez	Huila	Tesalia	785	810623,6	762796,5

Código	Tipo	Nombre	Corriente	Departamento	Municipio	Elevación	Localización	
2105713	LG	Rio chiquito	Negro	Cauca	Páez	1400	799532,3	788256,2
2107702	LG	Paso del colegio	Magdalena	Huila	Tesalia	536	830653,4	764984,7
2104701	LG	Puente Balseadero	Magdalena	Huila	Agrado	680	822835,1	738445,2
2102701	LG	Pericongo	Magdalena	Huila	Altamira	950	800552,4	716344,8
2108710	LG	Yerbabuena	Íquira	Huila	Íquira	2000	816242,7	804826,2
2108705	LG	Bocatoma	Íquira	Huila	Íquira	1250	827339,8	784899,6
2601706	LG	Puente Aragón	Cauca	Cauca	Puracé	2870	732667,7	731927,2
2201703	LG	Bocas	Blanco	Tolima	Rioblanco	1175	821914,9	876722,0
2105711	LG	El Trébol	Bedón	Cauca	Puracé	1720	771643,6	740721,6
2112703	LG	SantaMaría	Bache	Huila	Santa María	2250	808485,2	823644,1
2112702	LG	El Socorro	Bache	Huila	Santa María	1580	822938,3	820303,6
2202702	LG	Gaitana	Ata	Tolima	Planadas	1667	806293,5	843560,8
<b>(LG) Limnigráficas, (LM) Limnimétricas</b>								

Fuente: IDEAM 2.010 y Consultoría Colombiana, 2.014

**Figura 1 Localización de las estaciones Limnimetricas y Limnigraficas, en la zona de estudio**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Adicionalmente, como fuente de información se identificaron y consultaron las siguientes entidades:

- Ministerio del Transporte – Subdirección de Infraestructura Fluvial
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC – Seccional Bogotá
- INGEOMINAS Seccional Bogotá
- Corporación Autónoma del Río de la Magdalena (CORMAGDALENA)
- Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA)
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM)
- Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.
- Planes y esquemas de Ordenamiento territorial (POTs y EOTs) de los municipios del área de influencia.

### 3.2.3.2 Caracterización hidrológica del área de influencia indirecta

Desde el punto de vista del sistema de drenaje, el área de estudio está compuesta por parte de las cabeceras de las dos mayores cuencas del país. En el departamento del Cauca se conforma por el Alto Cauca, conformada por el río Cauca y sus afluentes, los ríos Palo, Negro, Teta, Bolo, Desbaratado y Fraile.

La cuenca del Alto Magdalena tiene como su principal fuente de drenaje al río Páez al que confluyen los ríos San Vicente, Moras, Ullucos, Negro y Negro de Narvárez, y las quebradas Tóez, Símbola, Salado, Gualcar, Gallo, Macana, Honda y Totumo. Más hacia el norte se localizan las subcuencas de los ríos Yaguará, Baché y Saldaña, al cual a su vez pertenecen las microcuencas de los ríos Ata, Cucuana, Luisa y Amoyá.

Es tal la importancia hidrológica de esta zona, que uno de los objetivos de conservación definidos en el plan de manejo del PNN Nevado del Huila (UAESPNN, 2005) está relacionado con el mantenimiento de la oferta hídrica de las cuencas, dentro del área protegida, de los ríos Palo, Saldaña, Íquira, Páez y Baché, contribuyendo a la conservación de los procesos hidrogeobiológicos de las siguientes regiones de influencia del Parque: Tolima grande y alto Magdalena, alto Cauca y valle geográfico del río Cauca<sup>112</sup>.

#### • Sistema de drenaje

##### Sistemas lénticos

Corresponden a todas las aguas interiores que no presentan corrientes continuas, sin flujos como *humedales*, que corresponden a ecosistemas intermedios con ambientes permanentemente inundados y de ambiente normalmente secos; *lagunas* dentro del área de estudio, los cuales representan geofomas de especial importancia desde el punto de

<sup>112</sup>Instituto Humboldt, IDEAM, IGAC. Atlas de Páramos de Colombia. - Distrito páramos del Valle – Tolima. Complejo Nevado del Huila – Moras, 2006.

vista ecológico de la región, y se encuentran especialmente sobre la unidad de lomerío y colinas medias a bajas a lo largo del entorno de estudio.

Dentro del área de influencia se encontró cuerpos de agua lénticos en el municipio de Rioblanco (ver Tabla 54)

**Tabla 54 Inventario de cuerpos lénticos en el área de influencia indirecta del proyecto**

Departamento	Municipio	Vereda	Nombre Cuerpo léntico	Tipo	este	norte	Altitud
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Ciénaga El Purgatorio	Ciénaga	789512	857348	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A.,

### Sistemas lótics

#### *Red de drenaje*

La red de drenaje sobre la que se encuentra el área de influencia del proyecto de interconexión eléctrica, pertenece a la zona hidrográfica del río Magdalena, subdivido en tres grandes cuencas que corresponden a la del Alto Magdalena, el río Saldaña y el río Cauca.

En la Tabla 55 se presenta la distribución de la red de drenaje de la zona de estudio. De la misma manera la distribución espacial de la red hidrológica es la que se indica en la .

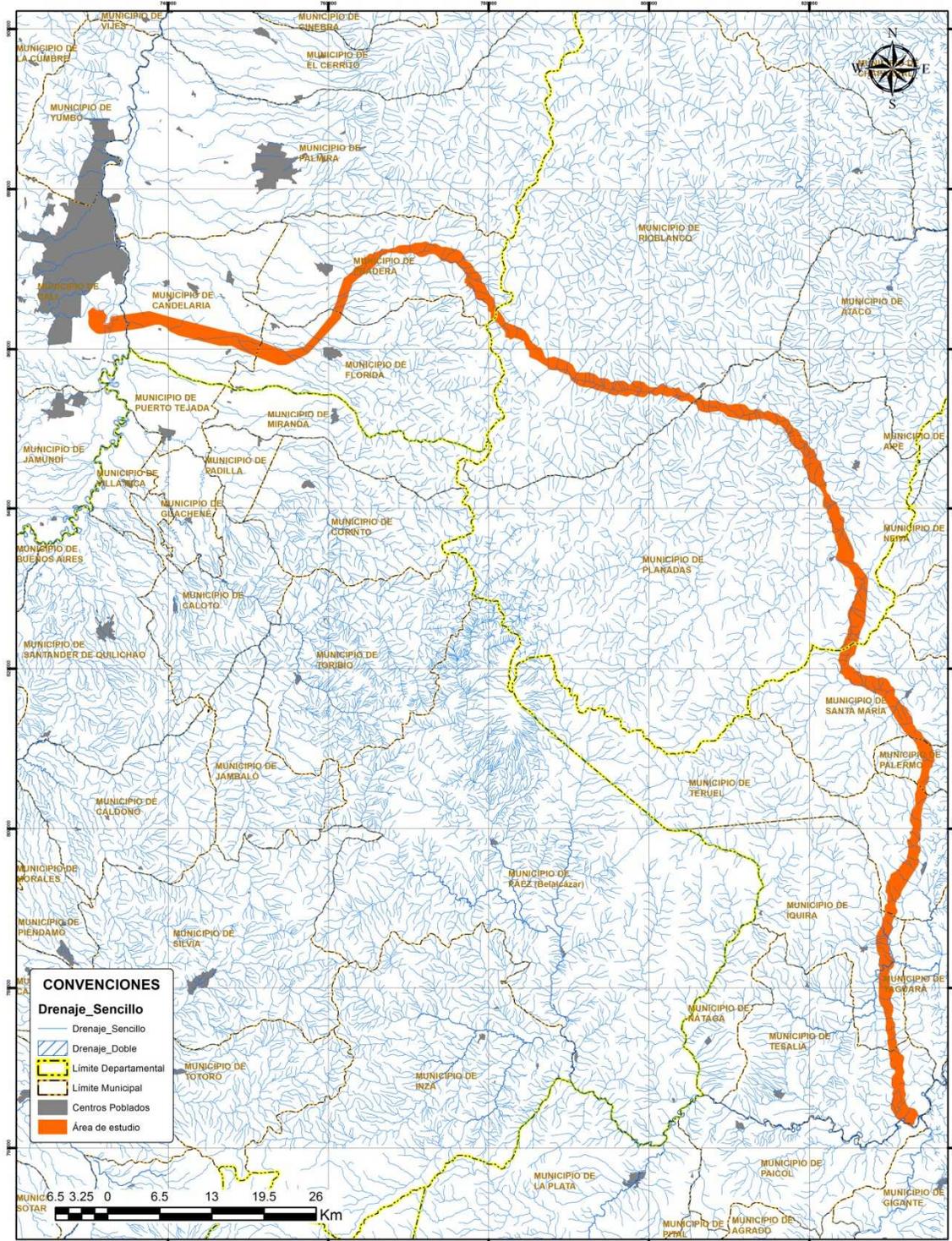
**Tabla 55 Red hídrica de la zona de estudio**

AREA HIDROGRAFICA /VERTIENTE	ZONA HIDROGRAFICA	SUBZONA HIDROGRAFICA	SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )
MADALENA-CAUCA	ALTO MAGDALENA	Alto Magdalena	Quebrada El Achiote	200.52
		Río Baché	Río Baché	3523.75
			Quebrada El Igual	18.57
			Quebrada San Juan	6.85
			Quebrada El Nilo	6.08
			Quebrada El Oso	4.35
			Quebrada Corozal	3.55
			Río Páez	Río Paez
		Río Yaguará	Quebrada La Cañada	1.71
			Quebrada de Jacobo	7.30
			Quebrada El Chorro	1.09
			Quebrada Chucha	3.30
			Quebrada La Chorrera	9.12
			Quebrada El Guamal_1	3.62
			Quebrada Paredes	10.92
Quebrada El Guamal	30.18			

AREA HIDROGRAFICA /VERTIENTE	ZONA HIDROGRAFICA	SUBZONA HIDROGRAFICA	SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )
			Quebrada Los Bollos	33.78
			Quebrada Beberrecio	34.76
			Quebrada La Varas	24.00
			Río María	9.74
			Quebrada Pedernal	293.41
			Río Yaguará	14.44
			Río Iquira	168.07
	SALDAÑA	ALTO SALDAÑA	Río Saldaña	414.41
			Río Ata	931.44
			Río Hereje	86.04
			Quebrada Patagonia	7.95
			Quebrada Montalvo	33.19
			Río Claro	67.18
			Quebrada San Joaquin	9.88
			Quebrada San Gabriel	111.74
			Río Siquila	138.57
			Quebrada Las Arrugas	45.45
			Quebrada San Pablo	7.14
			NN	50.50
			Quebrada El Triunfo	7.58
			Quebrada El Bejuquero	10.49
			Quebrada Las Mercedes	22.53
			Quebrada El Quebradón	17.17
	Quebrada El Venao	4.98		
	Quebrada El Purgatorio	7.36		
	CAUCA	Río Desbaratado	Río Desbaratado	210.85
		Río Fraile y otros directos al Cauca	Río Fraile	539.51
			Río Fraile y Directos Río Cauca	287.77
			Río Bolo	286.46
			Río Bolo Blanco	42.88
			Quebrada Mendoza	12.05
			Quebrada El Silencio	16.96
			Quebrada El Castillo	7.67
Río Bolo Azul	16.03			

Fuente: CONCOL, 2014

**Figura 2 Red de drenaje principal en el área de estudio.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### ***Vertiente Magdalena-Cauca***

Es este el sistema fluvial de mayor importancia en Colombia, no sólo por su gran extensión, sino también y, especialmente, por la riqueza económica de las tierras que comprende. El Magdalena es el río de la Patria. Su longitud total, desarrollada de sur a norte, entre las cordilleras Central y Oriental, es de 1.558 km, de los cuales son navegables 1.290 Km, interrumpidos en el salto de Honda.

El Magdalena es el río interandino de mayor extensión en Suramérica, arrojando al mar 8.000 m<sup>3</sup>/seg. Su cuenca tiene una extensión de 256.622 km cuadrados, y recibe las aguas de cerca de 500 afluentes por ambas orillas, así como, más de 5000 arroyos y quebradas. Sirve de lazo de unión entre los diversos pueblos de los territorios que recorre, desde su nacimiento en la laguna de la Magdalena, en el páramo de las Papas (Macizo Colombiano) a 3685 m de altura, hasta su desembocadura, en las Bocas de Ceniza en el mar Caribe.

Por su parte, el río Cauca es el más importante entre los muchos afluentes del Magdalena, con una longitud total de 1.350 km, de los cuales son navegables un poco más de 620 km. El Cauca nace también en el Macizo Colombiano, en la laguna del Buey. Corre entre las cordilleras Central y Occidental y tributa sus aguas en el Magdalena, a la altura del departamento de Bolívar, después de regar una hoya hidrográfica cercana a los 63.300 km<sup>2</sup> de superficie, en la cual se destaca su parte media como una de las zonas más fértiles del país, en territorio del departamento del Valle del Cauca.

La región del Alto Cauca está integrada por los departamentos de Cauca y Valle del Cauca la escorrentía promedio es de 960mm. Allí se encuentran los ríos de orden medio que bañan el sector, tales como El Bolo, El Palo, Piedras, Cofre, Jamundí, Fraile, Tuluá, la vieja y otros. En la Figura 2 se presenta la distribución de la red hidrográfica de la zona de estudio.

#### **Río Páez**

El nacimiento del Río Páez (Foto 231) tiene su origen al norte del nevado del Huila en un valle preglaciar a unos 4.500 msnm en el lado oriental de la Cordillera Central; se encuentran rodeado de lagunas siendo la más importante la Laguna del Páez de aproximadamente 27 hectáreas de espejo de agua, ubicada aproximadamente a 3.450 metros de altitud, otra laguna que hace parte de la cuenca es la de Juan Tama.

El caudal que aporta el municipio lo hace uno de los principales aportantes de agua para la generación de energía en la región. El río sigue una dirección norte - sur, hasta el corregimiento de Puerto Valencia donde cambia su rumbo al sureste, demarcando los límites entre el departamento del Huila y el Cauca donde recibe las aguas del río Negro de Narváez, cambiando de nuevo su rumbo al nororiente hasta desembocar en el río Magdalena en cercanía la Central Hidroeléctrica de Betania.

### Foto 231 Vista panorámica del río Páez, vía La Plata – Puerto Valencia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

#### Río Pance

Nace en el cerro Pance (Foto 232) a la mayor altura del parque nacional natural de los farallones de Cali, a 4200 msnm. Desemboca en el río Jamundí después de recorrer los bosques húmedos de los farallones, y bajar rápidamente hasta los corregimientos de Pance y de la Vorágine.

Es un río de características torrenciales, debido a que sus aguas descienden a gran velocidad por su cauce, impulsadas por las fuertes pendientes de la parte alta de la cuenca. Con una superficie de 8.975 ha, la cuenca está ubicada en el sur occidente de la zona de la ladera del Municipio de Santiago de Cali, sobre la vertiente oriental de la Cordillera occidental.

### Foto 232 Vista panorámica del cauce del río Pance



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Río Meléndez

El río Meléndez (Foto 233) nace en la vertiente de la Cordillera Occidental, en el sector la Corea a la altura de 2800 msnm, arriba del corregimiento de La Buitrera y desemboca en la margen izquierda del Río Cauca. La cuenca del Río Meléndez se encuentra ubicada en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental, con un área de 37.42 km<sup>2</sup> y un caudal medio de 1.58 m<sup>3</sup>/s hasta la estación Calle Quinta. Parte de sus aguas son captadas por el acueducto La Reforma. Al Norte limita con la divisoria de aguas de microcuencas de los ríos Pichindé y Cañaveralejo, al Sur con la divisoria de aguas de las microcuencas de los ríos Pance y Lili, al Oriente con la divisoria de aguas de la microcuenca del Río Cañaveralejo y con el casco urbano de la ciudad de Santiago de Cali y al Occidente con la divisoria de aguas de las microcuencas de los ríos Pance y Pichindé. El Río Meléndez presenta un alto nivel de asentamientos humanos en sus orillas. Sus principales afluentes son las quebradas Dos Quebradas y Mateguadua.

El comportamiento de la precipitación en la microcuenca es ascendente: varía entre los 1000 mm/año y 3500 mm/año. La temperatura varía entre 19.4° C a 27.5° C. La humedad relativa media oscila entre 67 a 76 % presentando valores máximos entre 76 a 87% y mínimas entre 59 y 72 %. La cuenca está constituida por rocas cretáceas del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias, rocas terciarias correspondientes al grupo Cauca, sedimentos de la asociación de Popayán y sedimentos aluviales y coluviales recientes.

### **Foto 233 Vista panorámica del cauce del río Meléndez**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Río Desbaratado

El río Desbaratado (Foto 234) nace en las lagunas La Sonora, Soledad y otras situadas en la cordillera central y se constituye, en la mayor parte de su recorrido, en el límite entre los departamentos del Cauca y Valle del Cauca. Desemboca en la margen derecha del río Cauca a aproximadamente 125 km aguas abajo de la represa de Salvajina. Dentro de la cuenca del río Desbaratado se ubican los municipios de Puerto Tejada y Miranda

(Departamento del Cauca) y Candelaria y Florida (Departamento del Valle del Cauca), Colombia.

**Foto 234 Vista del río Desbaratado, cerca al sitio de cruce**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Río Fraile

El Río Fraile (Foto 235) nace en una serie de lagos de origen glaciar localizados a una altura de 3800 msnm y desemboca en el río Cauca a una altura de 975 msnm. Este río drena 286 km<sup>2</sup>, estos 186 km<sup>2</sup> están localizados en zona de montaña y 100 km<sup>2</sup> hacen parte de la planicie del río Cauca

**Foto 235 Vista del río Fraile, sector Miranda y Florida (Valle): Aguas arriba**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Río Palo

El Río Palo (Foto 236) nace en el Páramo de Santo Domingo en límites con el Departamento del Tolima a 4000 m. Tiene un recorrido de 92 km. en sentido noroeste, pero a la altura de la población de Santo Domingo cambia su flujo a una dirección Este – Oeste hasta llegar al abanico aluvial del valle geográfico para desembocar en el Río

Cauca, en el sector conocido como Bocas del Palo a 950 m. Una vez llega al territorio de Caloto, lo recorre en dirección sureste – noroeste. Esta subcuenca se encuentra ubicada en el sector noreste del Departamento del Cauca, constituyéndose en la red hidrográfica más importante del Río Cauca en este Departamento, la cual abarca los Municipios de Jambaló, Toribío, Caloto, Corinto, Miranda, Padilla, Puerto Tejada y Villa Rica.

**Foto 236 Vista del río Palo, Bocatoma microcentral hidroeléctrica del río Palo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Río Bolo

La cuenca del Río Bolo se encuentra al norte de la cuenca del río Fraile y tiene su vertiente hacia el río Cauca, de forma alargada, la longitud del cauce principal es de 53,21 km y un perímetro de cuenca de 120,94 km<sup>2</sup>. Luego de recibir las aguas del río Fraile, se convierte en el río Guachal, que desemboca en el río Cauca, finalmente. La pendiente media longitudinal de la cuenca es de 5,73%.

### Foto 237 Vista del cauce del río Bolo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Río Cauca

El río Cauca (Foto 238) es uno de los más importantes ríos de Colombia. Nace cerca de la laguna del Buey en el Macizo Colombiano (departamento del Cauca) y desemboca en el río Magdalena cerca de la población de Pinillos en el departamento de Bolívar. En su recorrido entre las cordilleras central y occidental el río Cauca pasa por más de 180 municipios. La cuenca hidrográfica de aproximadamente 63.300 km<sup>2</sup>.

Su jurisdicción territorial comprende el área total de los municipios de Popayán, Cajibío, Piendamó, Morales, Caldon, Suárez, Jambaló, Buenos Aires, Santander de Quilichao, Caloto, Guachené, Toribío, Villa Rica, Puerto Tejada, Padilla, Corinto y Miranda, y parcialmente Toribío, El Tambo, Sotaró, Timbío, Puracé y Totoró.

### Foto 238 Vista panorámica del cauce del río Cauca, cerca de la zona de cruce



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La cuenca alta del río Cauca hace parte del sistema montañoso andino, está conformado por grandes conjuntos morfoestructurales y topográficos de origen ígneo metamórficos, su posición de barlovento condiciona lluvias abundantes y bien distribuidas durante el año,

presentando además huellas de una constante afluencia de cenizas volcánicas. Las zonas bajas están constituidas por una serie de abanicos coalescentes en diferentes niveles, fallados y sotolevantados, actualmente denudados, disecados y recubiertos también por capas espesas de cenizas volcánicas.

### Río Saldaña

El río Saldaña (Foto 239) con un área de influencia de 9.800 km<sup>2</sup>, que equivale al 41,5% de área departamental. Este río a su vez es subcuenca del río Magdalena principal arteria fluvial del departamento del Tolima, en la segunda importancia en el área departamental. En el área municipal esta cuenca conforma una franja alargada en la margen derecha (aguas abajo), del cauce, que va desde su nacimiento en la zona de páramos a 4.000 msnm hasta la desembocadura del río Siquila. Está dividida en 3 partes, la subcuenca alta que limita con el Valle del Cauca y nace en zona de paramos en cercanía del Nevado de Huila, luego la subcuenca en su parte media limita al norte con el municipio de Rioblanco, gran parte de su territorio se encuentra en el Parque Natural Nevado del Huila. La subcuenca baja del río Saldaña se localiza al norte del municipio de Rioblanco y este allí recibe bastantes tributarios.

### **Foto 239 Vista panorámica del sitio cauce del río Saldaña**

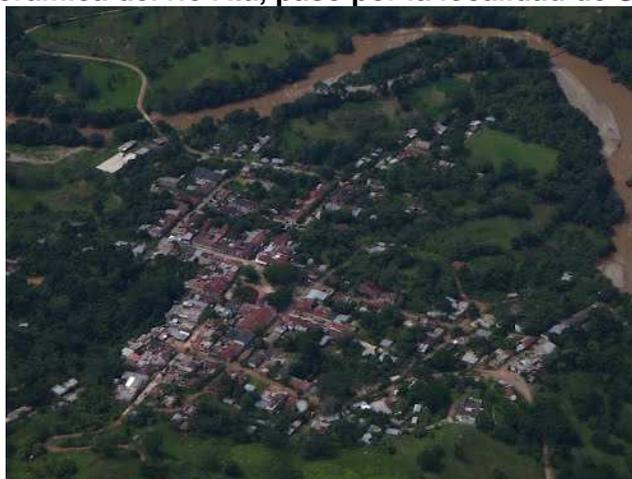


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Río Ata

El río Ata (Foto 240), nace en la parte alta cerca de los límites con el departamento del Cauca en tierras de páramo, su territorio se encuentra totalmente en el parque Natural Nevado del Huila, aguas abajo atraviesa en sentido oeste este al territorio municipal, predomina la cobertura de bosque natural y de vegetación de páramo, limita al sur con la subcuenca del río Guayabo y al norte con la del río Saldaña parte alta, río Bravo, quebrada Los Ángeles y río Candelario.

### Foto 240 Vista panorámica del río Ata, paso por la localidad de Santiago Pérez



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Río Baché

La cuenca hidrográfica del Río Baché (Foto 241), con una orientación suroeste-noroeste y una corriente principal de una longitud aproximada de 115 km, tiene extensión de 1.041,93 km<sup>2</sup>. Se localiza sobre la vertiente oriental de la cordillera central, en jurisdicción de los municipios de Santa María, Palermo, Teruel, Aipe y Neiva, en el departamento del Huila. Las elevaciones mínimas y máximas corresponden, respectivamente, a los 384 msnm en su desembocadura sobre el río Magdalena, y 3400 msnm en las estribaciones del Nevado del Huila. La cuenca alta, zona donde nace el río Baché y algunos de sus afluentes, corresponde a las jurisdicciones municipales de Santa María, Teruel y Palermo, zona donde desembocan al Baché los ríos Yaya y Tune, así como las quebradas Amborco, San Miguel y Remuda.

### Foto 241 Vista del cauce del río Baché



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La cuenca baja del río Baché pertenece a los municipios de Palermo, Neiva y Aipe, en donde este río recoge las aguas de las quebradas Santa María, El Arrayán, El Neme y la San Francisca, entre otras. En esta cuenca, los campos petrolíferos de San Francisco y el Balcón, en conjunto, se sitúan sobre las microcuencas de las quebradas El Neme, La San Francisca y Guayabal, así como en las microcuencas de las quebradas Honda, Los Medinas, El Salado, La Raya, Jagualito y El Arrayán, entre otras. Se localiza sobre la vertiente oriental de la cordillera central, en jurisdicción de los municipios de Santa María, Palermo, Teruel, Aipe y Neiva, en el departamento del Huila.

La cuenca del río Baché colinda con el departamento del Tolima, cerros, cuchillas y varias cuencas hidrográficas de quebradas y ríos como Magdalena y, hacia el norte, comparte su división topográfica con la cuenca del río Aipe; al sur comparte su divorcio de aguas con la cuenca del río Yaguará, y al suroeste limita con el departamento del Tolima y las estribaciones del Nevado del Huila, al occidente y noroeste comparte su divisoria topográfica con la cuenca del río Aipe, mediante el Cerro La Cuncia y la Cuchilla el Chiflón; al oriente comparte su divisoria topográfica con las cuencas de las quebradas La Boa, Sardinata, Gallinazo, Cuisinde, Busiraco y El Dindal, a través de la Cuchilla de Upar, el filo de Chontaduro y el Filo del Portachuelo.

### Río Yaguará

El río Yaguará (Foto 242) nace en las estribaciones del nevado del Huila en jurisdicción del Municipio de Nátaga. Recorre los municipios de Tesalia, Iquira y Yaguará, antes de desembocar en el río Magdalena en el sitio denominado Tumburagua. Durante su trayecto recibe las aguas de los ríos Iquira, Pedernal y las quebradas; Salada, La Limonada, El Arenoso, Machuelo, El Juguito, Agua dulce, San Cayetano y Agua Negra. Con un área total de 673.4 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 47.12 Km. El coeficiente de compacidad es de 1.38 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y por su el valor de la sinuosidad que es de 1.9.

### **Foto 242 Vista general del cauce del río Pedernal-Yaguará**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Río Magdalena

Es el río más largo de Colombia, nace en el suroeste y atraviesa el occidente del país de sur a norte para desembocar en el océano Atlántico. Es la principal arteria fluvial del país y corre por un valle interandino entre las cordilleras central y oriental. El más grande afluente del Magdalena es el río Cauca, el cual nace en el Nudo de Almaguer y hace su recorrido entre las cordilleras central y occidental. Los otros afluentes más grandes son los ríos Saldaña, Sumapaz, Bogotá, Negro, Sogamoso, Lebrija y San Jorge.

El río Magdalena (Foto 243) forma un valle con una área total de 257,440 km<sup>2</sup>, que equivale al 23% de la superficie total del país, allí se localizan 722 municipios y se asienta más del 80 % de la población colombiana, vierte sus aguas a través de dos bocas en el mar Caribe después de recorrer 1540 km con un caudal medido en Calamar, antes de la bifurcación del Canal del Dique, del orden de los 7100 m<sup>3</sup>/s. Nace en Laguna de La Magdalena en el macizo colombiano en el extremo Sur- occidental de una pequeña planicie del páramo de las Papas, conocida igualmente, como el valle de las papas, a 3.685 m.s.n.m., en el departamento del Huila.

El río Magdalena desemboca en Bocas de Ceniza en Barranquilla. El Delta del río Magdalena es un depósito en forma de cono cuya parte terminal fue acumulada en el mar. Se inicia un poco aguas abajo de Calamar y termina en Barranquilla, Ciénaga en forma triangular.

#### **Foto 243 Vista panorámica del cauce del río Magdalena, cerca al sitio de la presa**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Patrones de drenaje**

Las características de la red de drenaje superficial determinan que en las cuencas bajas de los ríos de las zonas adyacentes a los cauces naturales sean susceptibles de ser inundadas periódicamente por los ríos de origen aluvial, generalmente anchos y con un caudal de estiaje permanente, cuyas crecientes son inicialmente lentas y de larga duración. Esta susceptibilidad natural se ha aumentado por procesos de alteración de uso del suelo y de deforestación de las cuencas altas, con el consecuente aporte de sedimentos que, al depositarse en los cauces, modifican los patrones naturales de flujo.

En los ríos de régimen torrencial, cuya cuenca aportante es generalmente reducida y su caudal de estiaje pequeño, con secciones transversales estrechas y pendientes abruptas, se presentan crecientes súbitas cuando la cuenca reacciona a la acción de tormentas fuertes y localizadas, ocasionándose crecientes repentinas y de corta duración.

*Parámetros morfométricos de las cuencas, subcuencas o microcuencas*

La longitud de la cuenca del cauce principal, L, se define como la distancia horizontal del punto aguas abajo de la cuenca de salida y un punto aguas arriba, donde la línea proyectada del cauce principal corte el contorno de la cuenca. El perímetro P, de la cuenca corresponde a la longitud de la línea divisoria de la cuenca proyectada en un plano horizontal. El ancho B, se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca ( $B=A/L$ ).

El coeficiente de forma o de Gravelius, se estima a partir de la relación entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud de la misma; esta longitud se mide desde la salida o descarga hasta el punto más alejado de ella. En la Tabla 56, se presenta la clasificación del coeficiente de forma Kf:

**Tabla 56 Coeficiente de Forma (Kf)**

Rangos de Kf	Clase de forma
0.01-0.18	Muy Achatada
0.18 – 0.36	Ligeramente achatada
0.36 – 0.54	Moderadamente achatada

El Coeficiente de compacidad, (Kc), también propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito, tiene igual área que la cuenca estudiada. El Kc, se define como la relación entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud de la divisoria que la envuelve y el área de la misma. Kc, se define mediante la siguiente expresión:

$$Kc = 0.282 \times P / A^{0.5}$$

P= La longitud de la divisoria (km)

A= área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

El grado de aproximación a 1 de este Índice o coeficiente, indica la tendencia a concentrarse grandes volúmenes de agua en la cuenca. Se definen tres categorías de clasificación de Kc, tal como se presentan en la Tabla 57.

**Tabla 57 Valores de Compacidad (Kc)**

Rangos de Kc	Clases de Compacidad
Hasta 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a Oval Oblonga
1.50 – 2.1	De oval Oblonga a Rectangular Oblonga

La relación de elongación ( $Re$ ), es otro parámetro de la forma de la cuenca (formulada por Schaum, 1.956), como la relación entre el diámetro de un círculo que tiene el área de la cuenca y la longitud de la misma.

$$Re = (4 \cdot A / \pi) / L = 1.128 / L \cdot A^{0.5}$$

Se ha encontrado que  $Re$ , está muy relacionado con el relieve; para regiones de bajo relieve, presentan valores de  $Re$ , cercanos a la unidad; sin embargo, regiones de alto relieve y altas pendientes presentan valores de  $Re$  entre 0.60 y 0.80 (Eagleson 1.970).

Índice de alargamiento  $la$ , propuesto por Horton, relaciona la máxima longitud de la cuenca, medida en el sentido de la corriente principal y el máximo ancho de ella en dimensión perpendicular al sentido del cauce. Se define mediante la siguiente expresión:

$$la = Lm / b$$

$Lm$  = longitud máxima de la cuenca

$b$  = ancho máximo de la cuenca

Puede establecerse que cuando  $la$ , toma valores mayores de 1.0, se consideran cuencas alargadas y cuando sus valores son cercanos a uno, corresponde a cuencas cuya red de drenaje presenta la forma de abanico con un río principal crto. En la Tabla 58, que clasifica la clase de alargamiento de la cuenca en función del Índice de alargamiento  $la$ :

**Tabla 58 Índice de Alargamiento ( $la$ )**

Rangos de $la$	Clase de Alargamiento
0.0 – 1.40	Poco alargada
1.50 – 2.80	Moderadamente alargada
2.90 – 6.50	Muy alargada

Coefficiente de Masividad,  $Km$ , define el tipo de relieve de montaña, relaciona la elevación media de la cuenca con su superficie; se dimensiona en este documento en  $m/Km^2$ .

$$Km = \text{Altura media de cuenca (msnm)} / \text{Área de la cuenca (Km}^2\text{)}$$

La Tabla 59, presenta la clasificación del coeficiente de masividad,  $Kf$ . Los valores bajos de  $Kf$ , representan cuencas montañosas y valores altos, representan cuencas planas.

**Tabla 59 Coeficiente de Masividad ( $Km$ )**

Rangos de $Km$	Clase de Masividad
0 - 35	Muy montañosa
35 - 70	Montañosa
70 - 105	Moderadamente montañosa

El Índice de orden de la corriente, fue propuesto por Horton y Stahler, quienes definieron el Índice de orden a una corriente de primer orden, aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden, aquella que reúne dos corrientes de primer orden, una de tercer orden, donde confluye una de segundo orden con una de primer orden y así sucesivamente.

La definición de este Índice de orden, indica el grado de estructura de la red drenante, pues a mayor sea el valor, mayor será la red y más compleja la estructura. En la Tabla 60, se presenta la clasificación de Orden de corrientes de drenaje.

**Tabla 60 Clasificación de orden de la corriente**

Rangos de orden	Clases de orden
1 - 2	Bajo
2.1 - 4	Medio
4.1 - 6	Alto

El Índice de Densidad de drenaje (Dd), permite conocer la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de una cuenca. Con la definición de este Índice, se establece que una mayor densidad de escurrimiento indica mayor estructuración de la red fluvial, es decir hay mayor potencial erosivo. Es decir, la red de drenaje, suministra una serie de atributos de la forma de la cuenca y los procesos que se presentan a los largo de la corriente. Mediante la densidad de drenaje, se reflejan controles topográficos, geotécnicos y de vegetación que adicionalmente, incorporan la influencia humana.

La densidad de drenaje (Dd) de la cuenca, se define como la relación entre la longitud del sistema de drenaje al Área de la cuenca que contiene el sistema.

$$Dd = L / A$$

L= Longitud del sistema de drenaje (km)  
A = Área de la cuenca contenedora (Km<sup>2</sup>)

A fin de catalogar una cuenca bien o mal drenada, se puede definir que para Dd próximos o mayores 0.5 Km/Km<sup>2</sup>, se define la eficiencia de la red de drenaje. La red de drenaje, toma sus características a partir de la topografía y de la influencia de la precipitación; es decir que un valor alto de Dd, corresponde a un volumen alto de escurrimiento y valores altos de la velocidad, implica crecimiento en la lámina.

La cuenca con valores bajos de Dd, representan una densidad de drenaje baja, asociada a una región resistente a la erosión, muy permeable, bajo relieve, pobremente drenada con respuesta hidrológica lenta. Valores altos de Dd, reflejan cuencas con suelos erosionables o relativamente impermeables, poca vegetación, relieve montañoso, pendiente general alta, bien drenada y relativamente responde rápido a la precipitación (Eagleson 1.970).

Es de esperarse que en época de estiaje, se espere descenso en el caudal en las cuencas de alta densidad de drenaje y pendiente alta; mientras en zonas planas de alta

densidad de drenaje, se espera estabilidad en los caudales, dado por el aporte subterráneo y el drenaje subsuperficial. En la Tabla 61, se relaciona la clasificación de la densidad de drenaje Dd:

**Tabla 61 Clasificación de la densidad del drenaje**

Rangos de densidad	Clase de densidad
0.1 – 1.80	Baja
1.90 – 3.60	Moderada
3.70 – 5.60	Alta

El tiempo de Concentración Tc presenta una relación con el volumen transportado por el drenaje. Algunos autores lo definen como el tiempo entre el centroide del hietograma de excesos y el punto de inflexión sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo o en otros términos como el tiempo que tarda una partícula de agua desde el punto más remoto sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo.

Algunas formulaciones empíricas estiman el Tc en función de la Longitud y pendiente del cauce y otras en función del Área de la cuenca. Se destacan la formulación de Temez, Kirpich, US. Corps Engineers, V.T Chow. Este proyecto utiliza el promedio entre los tres últimos autores para estimar el Tc.

Todos los parámetros y medidas obtenidos, se describen complementariamente y en forma combinada para las cuencas que intervienen en el área de influencia del proyecto. La Tabla 62, resume el significado de los parámetros morfométricos

**Tabla 62 Resume de los parámetros morfométricos**

MORFOMETRÍA	SIGNIFICADO MORFOMÉTRICO
Longitud de cauce Principal (Km)	A mayor longitud, mayor Tc. Está influido por la pendiente.
Elevación media (msnm)	Distribución espacial del escurrimiento y distribución térmica.
Área (km <sup>2</sup> )	Tamaño relativo, a menor tamaño, menor capacidad de captar agua y menor volumen de ésta. Se correlaciona directamente con su longitud e inversamente con la densidad de drenaje.
Desnivel (m)	Variación altitudinal, si es mayor el desnivel, hay más variedad climática y ecológica
Coefficiente de forma (Kf):	Grado de achatamiento. Valores altos indican tendencia a la concentración de aguas (formación de crecientes).
Coefficiente de compacidad (Kc):	Grado de circularidad. Valores cercanos a 1 indican tendencia a concentrar mayor volumen de escurrimiento
Coefficiente de alargamiento (Li)	Valores cercanos a 1 corresponde a ríos cortos y por tanto, con mejor respuesta a las lluvias.
Coefficiente de masividad (Km):	Una cuenca montañosa implica mayor energía y mayor precipitación en general.

<b>MORFOMETRÍA</b>	<b>SIGNIFICADO MORFOMÉTRICO</b>
<b>Orden:</b>	Valor de la red de drenaje. Indica el grado de estructura que tiene. Un mayor orden indica mayor energía y mayor control estructural y en general, mayor erosión.
<b>Densidad de drenaje (km/km<sup>2</sup>):</b>	Valores altos indican mayor eficiencia de transporte y mayor velocidad de transporte. Cuencas erosionables e impermeables, relieve montañoso, poca vegetación.
<b>Pendiente del cauce principal</b>	A mayor pendiente mayor velocidad de desplazamiento del agua; menor tiempo de concentración y menor infiltración depende de suelo
<b>Tiempo de concentración (Tc):</b>	A mayor tiempo, mayor volumen de agua. También puede indicar un mayor escurrimiento

El trazado de divisorias dentro del área de influencia directa se hizo a partir de la cartografía 1:25000 obteniendo como resultado un total de 50 cuencas cuyos drenajes principales y áreas se resumen en la Tabla 63.

**Tabla 63 Características principales de las cuencas hidrológicas con estaciones de medida**

RED DRENAJE PRINCIPAL		SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Longitud Cauce (Km)	Ancho medio (Km)	Factor de Forma (Ft)	Coeficiente de Compacidad (Kc)	Long Total rios Km	Densidad de drenaje km/k m <sup>2</sup>	Cota Máxima (msn m)	Cota Mínima (msn m)	So (m/m)
VERTIENTE	CUENCA												
MADALENA-CAUCA	ALTO MAGDALENA	Río Baché	200.52	66.56	26.21	7.65	0.29	1.32	194.3	1.10	3464.2	1321.6	0.0818
		Río Paez	3523.75	357.43	294.26	11.98	0.04	1.69	5145.9	1.54	4328.5	588.0	0.0127
		Quebrada La Cañada	18.57	20.46	8.58	2.16	0.25	1.33	15.2	1.28	1998.5	735.1	0.1472
		Quebrada El Igual	6.85	11.51	3.76	1.82	0.48	1.23	11.3	2.20	1814.6	897.2	0.2439
		Quebrada de Jacobo	6.08	10.62	4.51	1.35	0.30	1.21	6.1	1.74	1533.6	797.3	0.1633
		Quebrada El Chorro	4.35	9.65	3.40	1.28	0.38	1.30	3.4	1.56	1577.7	757.7	0.2410
		Quebrada Chucha	3.55	9.34	4.24	0.84	0.20	1.39	6.1	2.91	1621.8	792.7	0.1954
		Quebrada La Chorrera	2.43	8.19	3.03	0.80	0.26	1.47	3.0	2.50	1588.5	746.5	0.2776
		Quebrada El Guamal_1	1.71	5.55	2.04	0.84	0.41	1.19	2.6	2.72	1067.7	729.0	0.1658
		Quebrada Paredes	7.30	12.01	3.52	2.07	0.59	1.25	7.3	1.48	1566.4	714.4	0.2418
		Quebrada El Guamal	1.09	4.80	1.63	0.67	0.41	1.29	2.0	3.31	1067.7	738.5	0.2019
		Quebrada Los Bollos	3.30	7.93	2.44	1.35	0.55	1.22	3.0	1.65	1613.4	791.8	0.3362
		Quebrada Beberrecio	9.12	15.29	5.86	1.56	0.27	1.42	6.9	1.40	1983.3	743.9	0.2115

RED DRENAJE PRINCIPAL		SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Longitud Cauce (Km)	Ancho medio (Km)	Factor de Forma (Ft)	Coeficiente de Compacidad (Kc)	Long Total rios Km	Densidad de drenaje km/km <sup>2</sup>	Cota Máxima (msn m)	Cota Mínima (msn m)	So (m/m)
VERTIENTE	CUENCA												
		Quebrada La Varas	3.62	9.29	3.27	1.11	0.34	1.37	4.8	2.22	1811.8	773.6	0.3178
		Quebrada San Juan	10.92	14.63	3.70	2.95	0.80	1.24	12.6	1.49	2539.7	989.1	0.4196
		Río María	30.18	28.48	10.32	2.92	0.28	1.45	28.0	1.27	3238.0	923.2	0.2243
		Quebrada Pedernal	33.78	30.99	14.26	2.37	0.17	1.49	38.0	1.55	3216.7	923.0	0.1608
		Quebrada El Nilo	34.76	27.46	13.42	2.59	0.19	1.30	37.6	1.47	3028.5	841.4	0.1629
		Quebrada El Oso	24.00	20.22	7.94	3.02	0.38	1.16	33.0	1.71	2536.9	1369.0	0.1472
		Quebrada Corozal	9.74	13.04	5.55	1.76	0.32	1.17	10.9	1.69	2349.5	1202.6	0.2068
		Río Yaguará	293.41	89.39	55.92	5.25	0.09	1.46	423.7	1.63	2838.5	627.1	0.0395
		Quebrada El Achote	14.44	18.46	4.83	2.99	0.62	1.36	10.7	1.07	1364.1	571.5	0.1640
		Río Iquira	168.07	63.04	33.26	5.05	0.15	1.36	194.9	1.36	3234.5	673.3	0.0770
	SALDAÑA A	Río Saldaña	414.41	98.16	41.75	9.93	0.24	1.35	521.5	1.36	4224.3	1526.8	0.0646
		Río Ata	931.44	162.40	73.04	12.75	0.17	1.49	1123.3	1.28	4328.5	1130.0	0.0438
		Río Hereje	86.04	78.73	22.41	3.84	0.17	2.38	115.75	1.61	4180.8	1518.5	0.1188
		Quebrada Patagonia	7.95	11.97	4.92	1.61	0.33	1.19	12.5	2.19	2561.5	1484.9	0.2188

RED DRENAJE PRINCIPAL		SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Longitud Cauce (Km)	Ancho medio (Km)	Factor de Forma (Ft)	Coeficiente de Compacidad (Kc)	Long Total rios Km	Densidad de drenaje km/km <sup>2</sup>	Cota Máxima (msn m)	Cota Mínima (msn m)	So (m/m)
VERTIENTE	CUENCA												
		Quebrada Montalvo	33.19	26.41	9.37	3.54	0.38	1.28	62.0	2.15	3119.8	1589.5	0.1633
		Río Claro	67.18	47.32	21.71	3.09	0.14	1.62	64.5	1.28	3094.2	1755.6	0.0617
		Quebrada San Joaquin	9.88	17.10	9.03	1.09	0.12	1.52	15.4	2.47	2385.4	1130.7	0.1390
		Quebrada San Gabriel	111.74	52.93	29.22	3.82	0.13	1.40	145.3	1.56	3404.3	1082.9	0.0794
		Río Siquila	138.57	59.23	28.68	4.83	0.17	1.41	181.9	1.52	3404.3	1486.7	0.0669
		Quebrada Las Arrugas	45.45	33.05	12.19	3.73	0.31	1.37	48.1	1.33	4180.8	3002.6	0.0967
		Quebrada San Pablo	7.14	16.00	6.18	1.16	0.19	1.68	12.5	2.62	2173.6	955.2	0.1973
		NN	50.50	30.92	7.40	6.82	0.92	1.22	54.7	1.23	4192.3	3025.6	0.1577
		Quebrada El Triunfo	7.58	12.26	4.99	1.52	0.30	1.25	8.3	1.75	4055.7	3078.8	0.1958
		Quebrada El Bejuquero	10.49	15.07	5.82	1.80	0.31	1.30	13.9	1.88	4109.1	2838.4	0.2184
		Quebrada Las Mercedes	22.53	19.87	6.78	3.32	0.49	1.17	29.2	1.60	3629.9	1851.0	0.2625
		Quebrada El Quebradón	17.17	18.81	7.41	2.32	0.31	1.27	29.2	2.13	4040.5	2089.2	0.2635
		Quebrada El Venao	4.98	10.85	4.52	1.10	0.24	1.36	7.5	2.42	4040.5	2579.8	0.3234
		Quebrada El Purgatorio	7.36	13.47	5.14	1.43	0.28	1.39	8.0	1.79	4067.7	3063.4	0.1955

RED DRENAJE PRINCIPAL		SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Longitud Cauc e (Km)	Ancho medio (Km)	Factor de Forma (Ft)	Coeficiente de Compacidad (Kc)	Long Total rios Km	Densidad de drenaje km/k m <sup>2</sup>	Cota Máxima (msn m)	Cota Mínima (msn m)	So (m/m)
VERTIENTE	CUENCA												
	CAUCA	Río Desbaratado	210.85	111.08	57.23	3.68	0.06	2.14	198.6	1.21	4144.9	950.0	0.0558
		Río Fraile	539.51	122.69	58.13	9.28	0.16	1.48	548.0	1.12	4192.3	946.7	0.0558
		Río Fraile y Directos Río Cauca	287.77	105.08	14.49	19.87	1.37	1.73	191.7	0.72	3089.7	942.7	0.1482
		Río Bolo	286.46	120.94	53.21	5.38	0.10	2.00	308.8	1.26	3992.9	941.3	0.0573
		Río Bolo Blanco	42.88	30.48	10.97	3.91	0.36	1.30	51.1	1.45	4092.0	1559.4	0.2308
		Quebrada Mendoza	12.05	19.23	6.29	1.91	0.30	1.55	18.3	2.04	4085.1	2545.6	0.2446
		Quebrada El Silencio	16.96	17.71	7.21	2.35	0.33	1.20	19.3	1.56	4164.2	2306.4	0.2578
		Quebrada El Castillo	7.67	14.28	5.45	1.41	0.26	1.44	9.7	1.97	3983.2	2367.1	0.2963
		Río Bolo Azul	16.03	17.46	6.49	2.47	0.38	1.22	21.0	1.71	4136.7	2545.6	0.2451

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Río Meléndez**

La cuenca del Meléndez tiene un área total de 162.2 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 28.59 km. El coeficiente de compacidad es de 1.37 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y por su el valor de la sinuosidad que es de 1.18 se puede decir que es un río con alineamiento recto, La longitud axial de la cuenca es de 67.6 km.

### **Río Pance**

La cuenca del Pance tiene un área total de 331.6 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 34.13 km. El coeficiente de compacidad es de 1.20 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes; el valor de la sinuosidad que es de 1.16

### **Río Desbaratado**

La cuenca del Desbaratado tiene un área total de 196.4 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 57.19 km. El coeficiente de compacidad es de 2.23 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes; el valor de la sinuosidad es de 1.13.

### **Río Fraile**

La cuenca del Fraile tiene un área total de 539.8 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 58.09 km. El coeficiente de compacidad es de 1.44 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y el valor de la sinuosidad es de 1.16.

### **Río Bolo**

La cuenca del Río Bolo se encuentra al norte de la cuenca del río Fraile y tiene un área total de 286.45 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 53,21 km y un perímetro de cuenca de 120,94 km. El coeficiente de compacidad es de 2.00 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes, con una baja densidad de drenajes (1,56) y una pendiente longitudinal media de 5,73%.

### **Río Palo**

La cuenca del Palo tiene un área total de 266.2 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 59.16 km. El coeficiente de compacidad es de 1.49 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y su valor de sinuosidad es de 1.31.

### **Río Quilichao**

La cuenca del Quilichao tiene un área total de 266.2 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 37.07 km. El coeficiente de compacidad es de 1.31 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y su valor de la sinuosidad es de 1.37.

### **Río Magdalena**

La cuenca del Magdalena tiene un área total de 5273.1 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 139.13 km. El coeficiente de compacidad es de 1.96 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y su valor de la sinuosidad que es de 1.41.

### **Río Cauca**

La cuenca del Cauca tiene un área total de 3978.7 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 284.1 km. El coeficiente de compacidad es de 2.69 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y su valor de la sinuosidad es de 1.27.

### **Río Saldaña**

La cuenca del Saldaña tiene un área total de 2474.4 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 78.77 km. El coeficiente de compacidad es de 1.44 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y por su valor de sinuosidad es de 1.08.

### **Río Ata**

La cuenca del Ata tiene un área total de 1522.9 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 117.96 km. El coeficiente de compacidad es de 1.68 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y su valor de la sinuosidad es de 1.22.

### **Río Aipe**

La cuenca del Aipe tiene un área total de 657.6 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 58.91 km. El coeficiente de compacidad es de 1.61 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y su valor de la sinuosidad es de 1.35.

### **Río Baché**

La cuenca del Bache tiene un área total de 684.4 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 62.65 km. El coeficiente de compacidad es de 1.41 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y su valor de la sinuosidad es de 1.21.

### Río Yaguará

La cuenca del Yaguará tiene un área total de 673.4 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 47.12 km. El coeficiente de compacidad es de 1.38 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y su valor de la sinuosidad es de 1.19.

### Río Páez

La cuenca del Páez tiene un área total de 2743.2 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 148.6 km. El coeficiente de compacidad es de 2.58 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y por su el valor de la sinuosidad que es de 3.65 se puede decir que es un río con alineamiento recto.

### Río Magdalena

La cuenca del Magdalena tiene un área total de 5273.1 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 214.67 km. El coeficiente de compacidad es de 1.96 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y su valor de la sinuosidad es de 1.29.

- **Régimen hidrológico y de caudales característicos de las principales corrientes**

Las variaciones de caudal definen el régimen hidrológico de un río. Las variaciones temporales se dan durante o después de las tormentas. En casos extremos se puede producir la crecida cuando el aporte de agua es mayor que la capacidad del río para evacuarla, desbordándose y cubriendo las zonas llanas próximas. En la Tabla 64 se presenta el listado de las estaciones utilizadas para el análisis de caudales en el área de estudio.

**Tabla 64 Estaciones utilizadas para análisis**

Código	Nombre	Cuenca	X	Y	Depto	Municipio	Elevación	Tipo
2108708	Hacienda Venecia	Yaguará	838461.1	782673.9	Huila	Yaguará	575	LG
2601711	Bocatoma vinagre	Vinagre	732704.4	754061.9	Cauca	Popayán	2000	LM
2110703	El Casil	Neiva	864041.6	779328.4	Huila	Algeciras	1260	LM
2602725	Buenos Aires	La teta	721727.2	829345.8	Cauca	Buenos Aires	1120	LG
2108705	Bocatoma	Íquira	827339.8	784899.6	Huila	Íquira	1250	LG
2201703	Bocas	Blanco	821914.9	876722.0	Tolima	Rioblanco	1175	LG
2105711	El Trébol	Bedón	771643.6	740721.6	Cauca	Puracé	1720	LG
2112702	El Socorro	Bache	822938.3	820303.6	Huila	Santa María	1580	LG

Fuente: IDEAM

### **Estación Bocas**

A partir de la Estación Bocas, ubicada sobre el río Blanco reporta un caudal medio mensual de 3.7 m<sup>3</sup>/s; un máximo de 10.7 m<sup>3</sup>/s y un mínimo 1,5 m<sup>3</sup>/s. El régimen de caudales es bimodal, los valores mínimos se presentan entre agosto y septiembre.

### **Estación Bocatoma**

A partir de la Estación Bocatoma, ubicada sobre el río Iquira reporta un caudal medio mensual de 3.2 m<sup>3</sup>/s; un máximo de 16.1 m<sup>3</sup>/s y un mínimo 0,7 m<sup>3</sup>/s. El régimen de caudales es bimodal, los valores mínimos se presentan entre septiembre y octubre.

### **Estación Bocatoma Vinagre**

A partir de la Estación Bocatoma Vinagre, ubicada sobre el río vinagre reporta un caudal medio mensual de 3.3 m<sup>3</sup>/s; un máximo de 7,9 m<sup>3</sup>/s y un mínimo 1,6 m<sup>3</sup>/s. El régimen de caudales es bimodal, los valores mínimos se presentan entre septiembre y octubre.

### **Estación Buenos Aires**

A partir de la Estación Bocatoma Teta, ubicada sobre el río vinagre reporta un caudal medio mensual de 4 m<sup>3</sup>/s; un máximo de 16 m<sup>3</sup>/s y un mínimo 0,4 m<sup>3</sup>/s. El régimen de caudales es bimodal, los valores mínimos se presentan entre julio, septiembre y octubre.

### **Estación El Casil**

A partir de la Estación El Casil, ubicada sobre el río vinagre reporta un caudal medio mensual de 4,9 m<sup>3</sup>/s; un máximo de 19,4 m<sup>3</sup>/s y un mínimo 1,8 m<sup>3</sup>/s. El régimen de caudales es bimodal, los valores mínimos se presentan entre septiembre y octubre.

### **Estación El Socorro**

A partir de la Estación El Socorro, ubicada sobre el río Bache reporta un caudal medio mensual de 7,9 m<sup>3</sup>/s; un máximo de 20,9 m<sup>3</sup>/s y un mínimo 3,6 m<sup>3</sup>/s. El régimen de caudales es bimodal, los valores mínimos se presentan entre septiembre y octubre.

### **Estación El Trébol**

A partir de la Estación El Trebol, ubicada sobre el río Bedon reporta un caudal medio mensual de 22,7 m<sup>3</sup>/s; un máximo de 103,2 m<sup>3</sup>/s y un mínimo 4,9 m<sup>3</sup>/s. El régimen de caudales es bimodal, los valores mínimos se presentan entre diciembre y enero.

## **Estación Hacienda Venecia**

A partir de la Estación Hacienda Venecia, ubicada sobre el río Yaguará reporta un caudal medio mensual de 15.87 m<sup>3</sup>/s; un máximo de 103,2 m<sup>3</sup>/s y un mínimo 4,9 m<sup>3</sup>/s. El régimen de caudales es bimodal, los valores mínimos se presentan entre diciembre y enero.

- **Red hidrográfica y dinámica fluvial principal**

### **Río Magdalena**

El río Magdalena en este sector es un río semi-meandrónico y trenzado en algunos sectores con curvas controladas por afloramiento de roca. La localización de las curvas depende de los controles geológicos. Los sitios de control geológico son puntos estables y en las curvas en que no aflora roca competente son puntos de inestabilidad, pero si se analiza en forma global, el río pasa por varias etapas de formación desde su nacimiento hasta su entrega en el Mar Caribe.

El río Magdalena en su recorrido por toda la orilla toca las geoformas del relieve municipal, como planicies fluvio-lacustres, orillares, terrazas, valles, colinas, vertientes y coluvios, todos desprotegidos por la actividad antrópica, que terminó con su cobertura vegetal primaria y con el manejo de los suelos, vemos como cada día el río arrastra gran cantidad de material, incluyendo la capa vegetal que se ha perdido en la mayoría de este sector.

El Magdalena es un río joven, su cauce no ha sido todavía labrado definitivamente y, al correr de sus aguas por entre los aluviales, estimuladas frecuentemente por intensos inviernos, rompe barreras y se desborda en forma descontrolada anegando campos, erosionando orillas y destruyendo el bosque protector, cuyos árboles, a la deriva, forman bajos ayudados por el gran volumen de material en suspensión, impidiendo u obstaculizando el tráfico de embarcaciones, además de la anegación de plantíos adyacentes. Los veranos no son menos aciagos; La disminución del nivel de agua llega a impedir la navegación; las plantaciones sufren pérdidas inmensas, lo mismo que la ganadería.

La Gran Cuenca, nombre que se le da a la hoya del Magdalena, es relativamente joven; aparte del cauce bien definido de su parte alta, compuesta por estrechos cañones y profundas gargantas, se presenta un serpenteante río que recorre el valle entre las cordilleras y una corriente zigzagueante que al llegar a las llanuras bajas se diluye en las sabanas y llena miles de vasos comunicantes, ciénagas, lagunas y brazos de diversas dimensiones; es un río que aún no encuentra su lecho definitivo antes de desembocar en el Caribe.

La Gran Cuenca del Magdalena-Cauca es, ante todo, el resultado de la interacción del agua con las geoformas andinas; las montañas interpuestas entre los valles interandinos encausan el flujo hídrico y le dan una orientación longitudinal que le permite recorrer la mayor parte del territorio nacional.

La zona en donde se desarrolla el proyecto de transmisión eléctrica se presenta de los 2700 msnm ( $\pm 200$ m) hacia abajo, hasta el piedemonte andino ( $\pm 1.000$  msnm); en ella se encuentra la mayor extensión de bloques y fallas producidos por el choque entre placas tectónicas, los cuales generan un control estructural del drenaje. La media montaña, donde se encuentran macizos antiguos con coberturas volcánicas y formaciones sedimentarias, se caracteriza por poseer una gran concentración de áreas de depresión, actualmente planas, rodeadas por circos o cordones montañosos que se conocen como altiplanos o altiplanicies. En el aspecto bioclimático en esta franja se localizan los pisos andino y subandino.

En general, las montañas que bordearon los altiplanos andinos estuvieron cubiertas por glaciares —algunas presentaron una dinámica volcánica— y en la actualidad poseen importantes depósitos fluvio-glaciares; lo mismo ocurre en las ramificaciones de las cuencas hidrográficas medias, donde los depósitos lacustres existentes tienen, en buena medida, forma de grandes anfiteatros construidos por la acción erosiva de los hielos.

Las altiplanicies andinas de la cordillera Central se encuentran en ambientes volcánicos y entre ellas se destacan las que están localizadas en el Macizo Colombiano, como el Páramo de la Papas y el de Paletará, en Cauca y el Páramo de Las Letras, una depresión de origen volcánico-tectónico colmatada, que se encuentra en proceso de carcavamiento.

Los procesos morfológicos de esta franja de media montaña, se relacionan con la disección y el aporte de sedimentos hacia los piedemontes. Dicho aporte se incrementa cuando aumentan la torrencialidad de los ríos y los escurrimientos de las vertientes que han perdido su cobertura vegetal. Los movimientos de masas ocasionan el cambio de las vertientes, lo cual aumenta considerablemente el aporte de sedimentos que afluyen al río Magdalena. En las vertientes medias, donde el plegamiento y las fallas son menores y por consiguiente tienen pendientes moderadas y la red de drenaje posee una adecuada superficie boscosa, los procesos de escurrimiento y erosión son mucho menores.

Debido a estos procesos, tanto la alta, como la media montaña de la gran Cuenca del Magdalena se caracteriza por la presencia de cañones, algunos muy profundos y lineales, otros superficiales y serpenteantes, que son en general oblicuos a las depresiones tectónicas y en su mayoría disectan macizos antiguos.

## **Río Cauca**

El Río Cauca en este sector es un río semi-meandrónico con curvas controladas por afloramiento de roca. La localización de las curvas depende de los controles geológicos. Los sitios de control geológico son puntos estables y en las curvas en que no aflora roca competente son puntos de inestabilidad, pero si se analiza en forma global, el río pasa por varias etapas de formación desde su nacimiento hasta su entrega en el Río Magdalena. Los principales tributarios del río que drenan por la margen derecha son los ríos: La Vieja, Obando, La Paila, Bugalagrande, Morales, Tuluá, San Pedro, Guadalajara, Sonso, Guabas, Zabaletas, Cerrito, Amaime, Párraga, Guachal, Desbaratado, Palo, La Quebrada, Quinamayó, La Teta y Ovejas. Por la margen izquierda confluyen los ríos: Cañaveral,

Catarina, Chancó, Pescador, Riofrío, Piedras, Mediacanoa, Yotoco, Vijes, Yumbo, Arroyohondo, Santiago de Cali, Jamundí, Claro y Timba (CVC, 2001).

### **Río Páez**

El río Páez nace en el Nevado del Huila, que está localizado al sur de Colombia, entre los municipios de Belalcázar, Teruel y Planadas, departamentos de Cauca, Huila y Tolima. El cauce del río tiene una trayectoria occidente - oriente y entrega sus aguas al río Magdalena, principal arteria fluvial de Colombia, aguas abajo del sitio de presa del embalse del Quimbo.

El río Páez tiene un área total de 2743.2 km<sup>2</sup>, su forma es alargada, la longitud del cauce principal es de 148.6 km. El coeficiente de compacidad es de 2.58 lo que muestra que la cuenca tiene mayor tendencia a crecientes y por su el valor de la sinuosidad que es de 3.65 se puede decir que es un río con alineamiento recto. Coeficiente de compacidad 1.30 km/km<sup>2</sup>.

- **Régimen hidrológico y caudales máximos, medios y mínimos**

#### **Caudales máximos**

Los caudales de un río son completamente aleatorios, dependen de ciertos factores tales como precipitación, geología, vegetación, topografía, temperatura, etc. Sin embargo los factores que tienen una mayor influencia son las precipitaciones y las condiciones geológicas.

Los valores de caudales máximos de una estación, así como los de precipitación siguen una distribución de probabilidades y pueden ajustarse. En una serie de datos estadísticos de una estación hidrológica, es indispensable resumir esta multitud de cifras en elementos sintéticos que caractericen la estación desde el punto de vista considerado. Una serie de datos de precipitación o de caudales máximos puede ser ajustada a una distribución probabilística.

En obras hidráulicas o que puedan verse afectadas por procesos hidrológicos, es necesario la determinación de la magnitud de ciertas características hidrológicas que pudieran ocurrir con cierta frecuencia, tanto para valores máximos y mínimos, como para valores totales en un periodo determinado.

El proyecto de la línea de transmisión es necesario conocer el riesgo de que la estructura llegue a fallar durante su vida útil. Para esto, se deben analizar estadísticamente los registros en donde se cuente con puestos de medida o estaciones hidrometeorológicas que suministre una serie de datos, que permitan verificar con qué frecuencia podrían tomar un valor determinado y luego evaluar las probabilidades teóricas.

Los registros pueden ser clasificados en orden descendente y a cada uno se le puede atribuir un número de orden. La frecuencia con que sea igualado o superado un evento de orden  $i$  es:

Frecuencia (Utilizando el Método de California):  $F(x \geq x_i) = i/n$

Siendo n el número total de datos de la muestra.

Con la frecuencia calculada se tiene una muy buena aproximación de la probabilidad teórica que ocurra el evento. Ahora, se define un tiempo de recurrencia o periodo de retorno T como el periodo de tiempo promedio en que un determinado evento es igualado o superado por lo menos una vez. Este periodo se define en años.

$$T = 1 / F(x \geq x_i)$$

Para periodos de retorno menores que el número de años de observaciones, el valor encontrado para la Frecuencia puede dar una buena idea del valor real de la Probabilidad Teórica, pero para periodos de retorno mayores, la repartición de frecuencia debe ser ajustada a una distribución probabilística teórica, de tal forma que se pueda hacer un cálculo más correcto de las probabilidades.

Las distribuciones probabilísticas que se utilizarán para ajustar los datos son las siguientes:

- Distribución Normal o Gauss
- Distribución Log Normal
- Distribución Gumbel o de Valores Extremos
- Distribución Pearson
- Distribución Log Pearson

## **Río Magdalena**

### Estación Puente Balseadero

El análisis de frecuencia para los registros máximos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Puente Balseadero en el río Magdalena, es el que se reporta en la Tabla 65y gráficamente representados en laFigura 66.

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación de Puente Balseadero en el Río Magdalena, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 1346 m<sup>3</sup>/s, es de 1700 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 2175 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 2516 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años

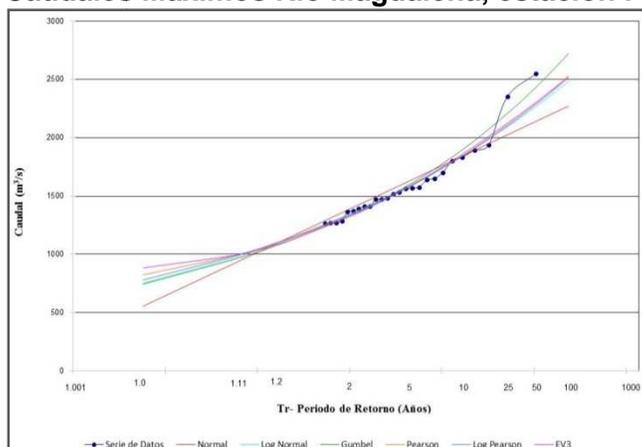
**Tabla 65 Frecuencia de Caudales Máximos, río Magdalena estación Puente Balseadero**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	1413,7	1356,5	1353,9	1363,0	1368,0	1346,2

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
<b>5,0</b>	1723,7	1722,4	1691,2	1690,7	1697,3	1700,4
<b>10,0</b>	1885,8	1964,6	1905,5	1898,1	1900,0	1919,4
<b>25,0</b>	2058,7	2270,6	2165,2	2152,2	2142,9	2175,0
<b>50,0</b>	2170,4	2497,6	2351,0	2337,0	2316,1	2351,1
<b>100,0</b>	2270,8	2723,0	2530,8	2519,0	2483,7	2516,2
Chi 2	<b>1,979</b>	<b>0,631</b>	<b>0,899</b>	<b>0,849</b>	<b>0,878</b>	<b>1,085</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 66 Análisis Caudales Máximos Río Magdalena, estación Puente Balseadero**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

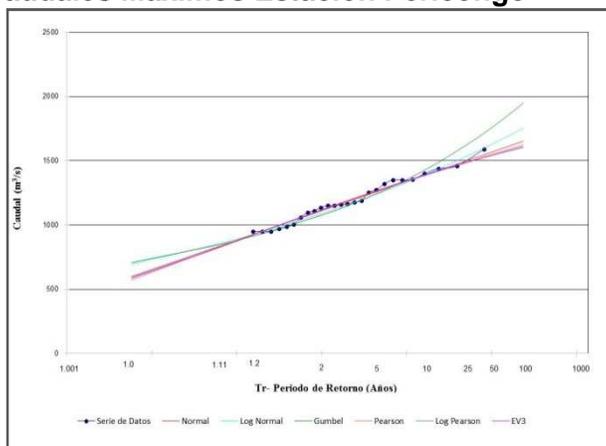
### Estación Pericongo

El análisis de frecuencia para los registros máximos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Pericongo en el río Magdalena, es el que se reporta en la Tabla 66 y gráficamente representados en la Figura 67.

**Tabla 66 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Pericongo**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	1125,8	1091,2	1132,0	1133,5	1103,8	1134,3
<b>5,0</b>	1315,9	1320,7	1317,5	1323,8	1304,7	1321,2
<b>10,0</b>	1415,4	1472,7	1411,0	1415,5	1424,0	1412,1
<b>25,0</b>	1521,4	1664,6	1508,2	1505,3	1563,2	1504,0
<b>50,0</b>	1589,9	1807,1	1569,5	1558,5	1660,2	1560,8
<b>100,0</b>	1651,5	1948,4	1623,8	1602,8	1752,6	1610,3
Chi 2	<b>0,335</b>	<b>0,895</b>	<b>0,301</b>	<b>0,304</b>	<b>0,654</b>	<b>0,292</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 67 Análisis Caudales Máximos Estación Pericongo**


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

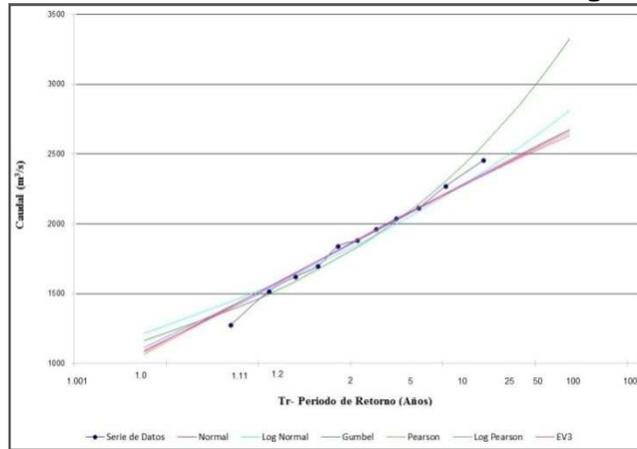
Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación de Pericongo en el Río Magdalena, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 1134 m<sup>3</sup>/s, es de 1312 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 1504 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 1610 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

Estación Paso del Colegio
**Tabla 67 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Paso del Colegio**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	1878,6	1831,7	1882,6	1878,4	1848,4	1885,6
<b>5,0</b>	2165,8	2231,5	2166,9	2172,5	2151,0	2173,8
<b>10,0</b>	2316,1	2496,2	2313,5	2325,1	2328,6	2316,4
<b>25,0</b>	2476,3	2830,7	2468,1	2484,8	2534,2	2462,2
<b>50,0</b>	2579,8	3078,8	2567,1	2585,6	2676,4	2553,0
<b>100,0</b>	2672,8	3325,1	2655,4	2674,4	2811,2	2632,5
Chi 2	<b>0,207</b>	<b>0,220</b>	<b>0,204</b>	<b>0,197</b>	<b>0,294</b>	<b>0,174</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 68 Análisis Caudales Máximos Estación Paso del Colegio**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación de Paso del Colegio en el Río Magdalena, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 1885,6 m<sup>3</sup>/s, es de 2173,8 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 2462,2 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 2632,5 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Río Yaguará**

Estación Hacienda Venecia

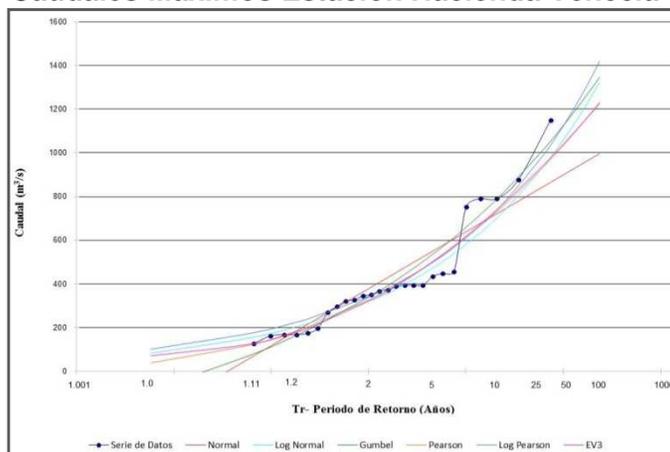
Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación de Paso del Colegio en el Río Magdalena, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 336,4 m<sup>3</sup>/s, es de 584,1 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 947,6 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 1225,4 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Tabla 68 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Hacienda Venecia**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	396,5	357,4	342,4	355,1	332,4	336,4
<b>5,0</b>	613,5	621,9	579,6	576,4	547,9	584,1
<b>10,0</b>	727,0	797,1	739,2	748,2	711,6	748,1
<b>25,0</b>	848,1	1018,4	939,4	993,7	940,4	947,6
<b>50,0</b>	926,2	1182,6	1086,3	1197,3	1125,9	1089,5
<b>100,0</b>	996,5	1345,6	1230,9	1418,8	1323,8	1225,4
Chi 2	<b>8,595</b>	<b>-1,672</b>	<b>1,986</b>	<b>2,590</b>	<b>2,457</b>	<b>2,035</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 69 Análisis Caudales Máximos Estación Hacienda Venecia**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Río Páez**

#### Estación Talaga - Toez

El análisis de frecuencia para los registros máximos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Talaga-Toez en el río Páez, es el que se reporta en la Tabla 69 y gráficamente representados en la Figura 70.

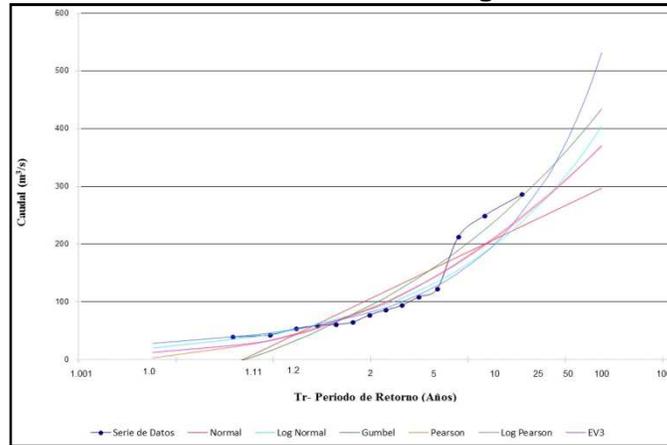
**Tabla 69 Frecuencia de Caudales Máximos Estación TalagaToez**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	111,4	100,0	94,2	85,3	90,6	92,4
<b>5,0</b>	178,4	189,5	167,5	150,5	155,6	168,8
<b>10,0</b>	213,5	248,7	217,1	211,0	206,5	219,8
<b>25,0</b>	250,9	323,6	279,7	312,6	279,2	282,2
<b>50,0</b>	275,0	379,1	325,7	410,5	339,3	326,8
<b>100,0</b>	296,8	434,2	371,2	531,2	404,3	369,6
Chi 2	<b>-1,664</b>	<b>-1,899</b>	<b>0,699</b>	<b>0,555</b>	<b>0,618</b>	<b>0,599</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación de Talaga-Toez en el Río Páez, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 92,4 m<sup>3</sup>/s, es de 168,8 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 282,2 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 369,6 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 70 Análisis Caudales Máximos Estación TalagaToez**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Estación Paicol

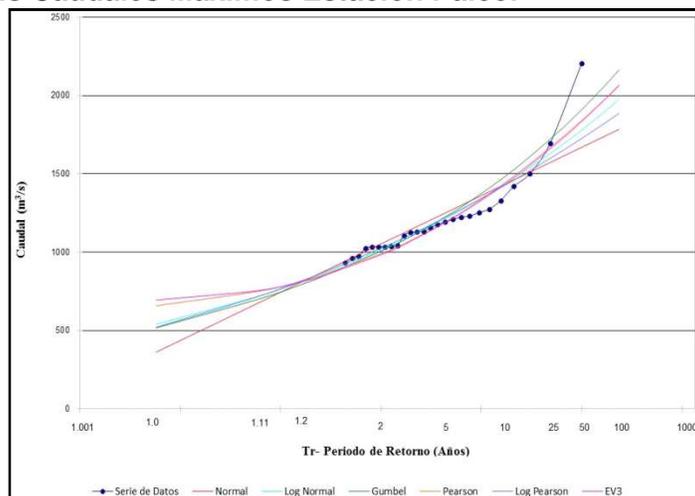
El análisis de frecuencia para los registros máximos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Paicol en el río Páez, es el que se reporta en la Tabla 70 y gráficamente representados en la Figura 71.

**Tabla 70 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Paicol**

PERÍODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	1073,6	1026,3	1007,9	1044,7	1032,6	1000,9
<b>5,0</b>	1330,5	1330,9	1288,7	1308,6	1305,8	1293,9
<b>10,0</b>	1465,0	1532,5	1478,9	1464,4	1476,4	1489,3
<b>25,0</b>	1608,3	1787,2	1718,4	1644,5	1682,9	1728,2
<b>50,0</b>	1700,8	1976,2	1894,7	1768,6	1831,3	1898,6
<b>100,0</b>	1784,1	2163,8	2068,6	1885,5	1976,0	2062,4
<b>Chi 2</b>	3,263	1,985	2,190	2,355	2,085	2,434

Fuente: IDEAM 2012., Consultoría Colombiana, 2014

**Figura 71 Análisis Caudales Máximos Estación Paicol**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación de Paicol en el Río Páez, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 1000 m<sup>3</sup>/s, es de 1293 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 1728 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 2062 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Río Bedón**

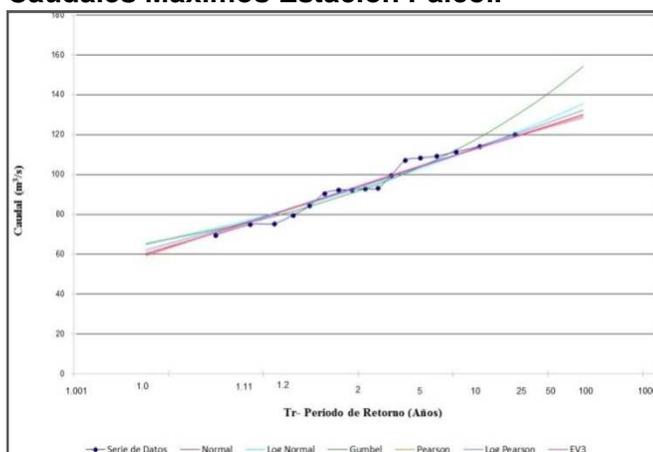
Estación El Trébol

**Tabla 71 Frecuencia de Caudales Máximos Estación El Trébol**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	95,0	92,8	95,1	94,6	93,8	95,3
<b>5,0</b>	107,7	109,3	107,7	107,8	107,2	108,1
<b>10,0</b>	114,4	120,2	114,3	114,9	114,9	114,4
<b>25,0</b>	121,4	133,9	121,2	122,7	123,7	120,9
<b>50,0</b>	126,0	144,1	125,6	127,7	129,8	125,0
<b>100,0</b>	130,1	154,3	129,6	132,3	135,5	128,6
Chi 2	<b>0,015</b>	<b>0,022</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,019</b>	<b>0,013</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 72 Análisis Caudales Máximos Estación Paicol.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación El Trébol en el Río Bedón, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 95,3m<sup>3</sup>/s, es de 108,1 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 120,9m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 128,6 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Quebrada Las Golondrinas**

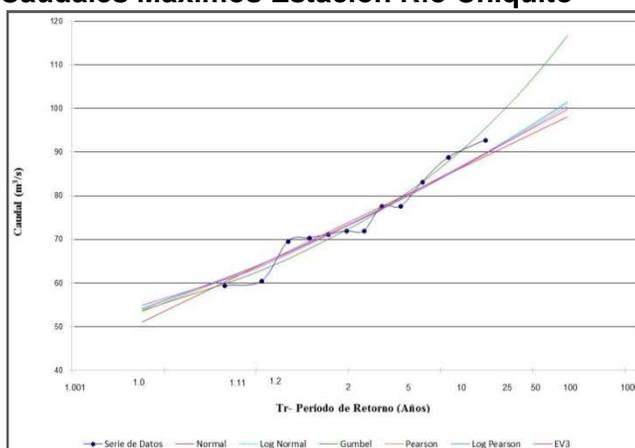
Estación Río Chiquito

**Tabla 72 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Río Chiquito**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	74,6	73,2	74,1	73,9	73,9	74,0
<b>5,0</b>	83,1	84,8	82,9	82,9	82,8	83,2
<b>10,0</b>	87,5	92,5	87,8	88,0	87,9	88,1
<b>25,0</b>	92,3	102,3	93,3	93,8	93,6	93,3
<b>50,0</b>	95,3	109,5	97,0	97,8	97,5	96,7
<b>100,0</b>	98,1	116,6	100,5	101,5	101,1	99,7
Chi 2	<b>0,009</b>	<b>0,007</b>	<b>0,009</b>	<b>0,009</b>	<b>0,009</b>	<b>0,008</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 73 Análisis Caudales Máximos Estación Río Chiquito**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Río Chiquito en el Río Negro, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de  $74\text{m}^3/\text{s}$ , es de  $93.3\text{m}^3/\text{s}$  para cinco años,  $120,9\text{m}^3/\text{s}$  para un período de retorno de 25 años y de  $99.7\text{m}^3/\text{s}$  para uno de 100 años.

### **Río Pedernal**

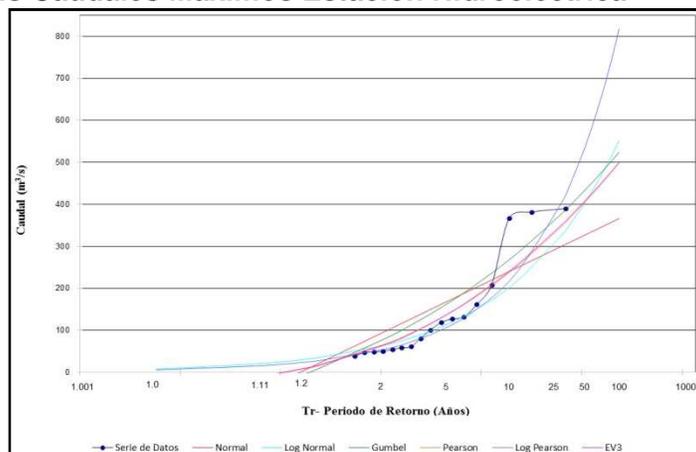
#### Estación Hidroeléctrica

**Tabla 73 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Hidroeléctrica**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	$\text{m}^3/\text{s}$					
<b>2,0</b>	100,8	83,6	69,9	57,0	66,8	68,0
<b>5,0</b>	196,8	201,6	173,5	141,6	143,4	174,7
<b>10,0</b>	247,1	279,7	249,2	233,4	213,8	252,2
<b>25,0</b>	300,6	378,3	348,7	405,0	327,4	352,0
<b>50,0</b>	335,2	451,5	424,1	584,2	431,1	426,1
<b>100,0</b>	366,3	524,2	500,0	817,9	552,1	499,2
<b>Chi 2</b>	-4,089	-0,828	5,778	1,549	2,434	1,441

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 74 Análisis Caudales Máximos Estación Hidroeléctrica**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Hidroeléctrica en el Río Pedernal, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 68m<sup>3</sup>/s, es de 174.7 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 352m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 499.2 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

### **Río Íquira**

#### Estación Bocatoma

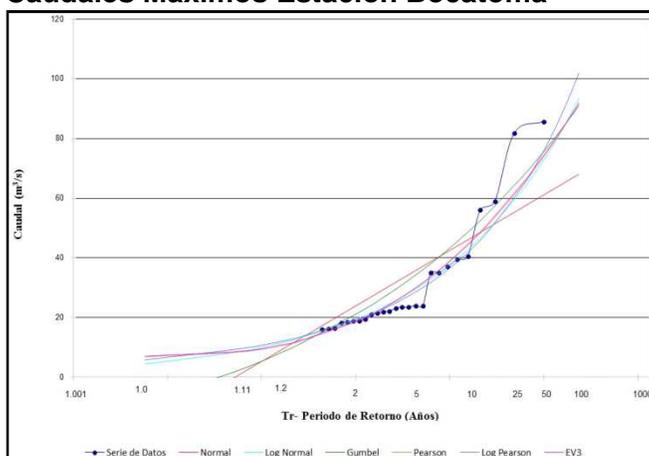
**Tabla 74 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Bocatoma**

PERÍODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	25,2	22,3	19,6	19,9	20,3	19,5
<b>5,0</b>	40,7	40,7	36,1	34,1	35,2	36,3
<b>10,0</b>	48,8	52,9	48,7	46,3	47,0	49,1
<b>25,0</b>	57,4	68,2	65,6	65,3	64,0	66,1
<b>50,0</b>	63,0	79,6	78,6	82,2	78,0	78,9
<b>100,0</b>	68,0	91,0	91,9	101,9	93,3	91,8
<b>Chi 2</b>	-0,445	0,582	0,206	0,175	0,206	0,202

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Bocatoma en el Río Íquira, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 19.5m<sup>3</sup>/s, es de 36.3 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 66.1m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 91.8 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 75 Análisis Caudales Máximos Estación Bocatoma**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Río Negro de Narvárez**

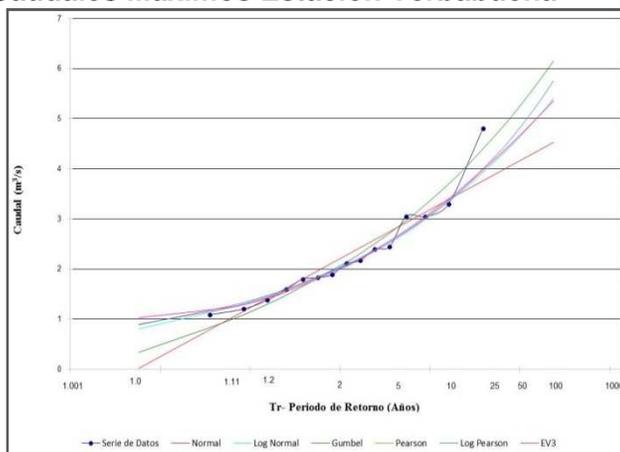
Estación Yerbabuena

**Tabla 75 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Yerbabuena**

PERÍODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	2,3	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
<b>5,0</b>	3,1	3,2	3,0	2,9	2,9	3,0
<b>10,0</b>	3,5	3,9	3,6	3,6	3,5	3,6
<b>25,0</b>	4,0	4,8	4,3	4,4	4,3	4,3
<b>50,0</b>	4,3	5,5	4,8	5,1	4,8	4,9
<b>100,0</b>	4,5	6,1	5,4	5,8	5,4	5,3
<b>Chi 2</b>	0,005	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Yerbabuena en el Río Íquira, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 2.1m<sup>3</sup>/s, es de 3.0 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 4.3m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 5.3 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años

**Figura 76 Análisis Caudales Máximos Estación Yerbabuena**


Fuente. Consultoría Colombiana, 2014

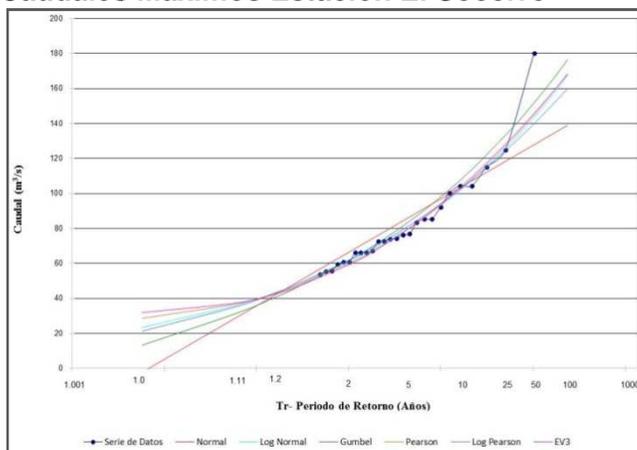
**Río Baché**
Estación El Socorro
**Tabla 76 Frecuencia de Caudales Máximos Estación El Socorro**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	68,4	63,7	61,5	63,5	62,5	60,9
<b>5,0</b>	93,9	93,9	89,4	90,4	89,3	89,9
<b>10,0</b>	107,2	113,8	108,5	107,8	107,6	109,5
<b>25,0</b>	121,5	139,1	132,8	129,3	131,3	133,8
<b>50,0</b>	130,7	157,8	150,7	144,8	149,2	151,2
<b>100,0</b>	138,9	176,4	168,5	160,0	167,5	168,0
<b>Chi 2</b>	0,548	0,149	0,176	0,159	0,148	0,208

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación El Socorro en el Río Bache, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 60.9m<sup>3</sup>/s, es de 89.9m<sup>3</sup>/s para cinco años, 133.8m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 168m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años

**Figura 77 Análisis Caudales Máximos Estación El Socorro**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Estación Santa María

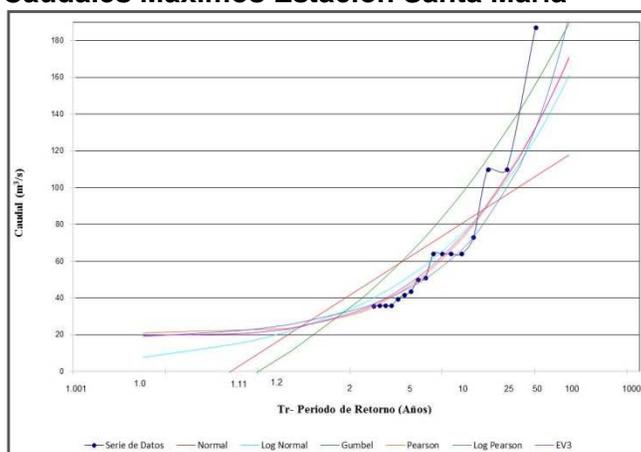
**Tabla 77 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Santa María**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	43,8	37,5	31,6	33,8	35,5	32,5
<b>5,0</b>	70,6	78,1	56,7	53,5	61,3	58,1
<b>10,0</b>	84,6	105,1	79,7	73,2	81,6	80,9
<b>25,0</b>	99,5	139,1	113,7	108,5	110,8	114,3
<b>50,0</b>	109,1	164,3	141,5	145,2	134,9	141,6
<b>100,0</b>	117,8	189,3	171,0	193,4	161,1	170,4
<b>Chi 2</b>	-1,356	-0,878	0,346	0,380	0,829	0,362

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Santa María en el Río Bache, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 32.5m<sup>3</sup>/s, es de 58.1m<sup>3</sup>/s para cinco años, 114.3m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 170.4m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 78 Análisis Caudales Máximos Estación Santa María**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Río Saldaña**

Estación Las Sardinas

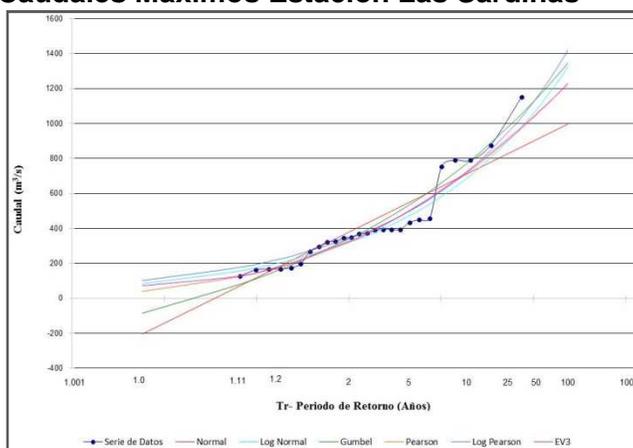
**Tabla 78 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Las Sardinas**

PERÍODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	396,5	357,4	342,4	355,1	332,4	336,4
<b>5,0</b>	613,5	621,9	579,6	576,4	547,9	584,1
<b>10,0</b>	727,0	797,1	739,2	748,2	711,6	748,1
<b>25,0</b>	848,1	1018,4	939,4	993,7	940,4	947,6
<b>50,0</b>	926,2	1182,6	1086,3	1197,3	1125,9	1089,5
<b>100,0</b>	996,5	1345,6	1230,9	1418,8	1323,8	1225,4
<b>Chi 2</b>	8,595	-1,672	1,986	2,590	2,457	2,035

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Las Sardinas en el Río Saldaña, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 336.4m<sup>3</sup>/s, es de 584.1 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 947.6m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 1225.4 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 79 Análisis Caudales Máximos Estación Las Sardinas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Río Blanco**

Estación Bocas

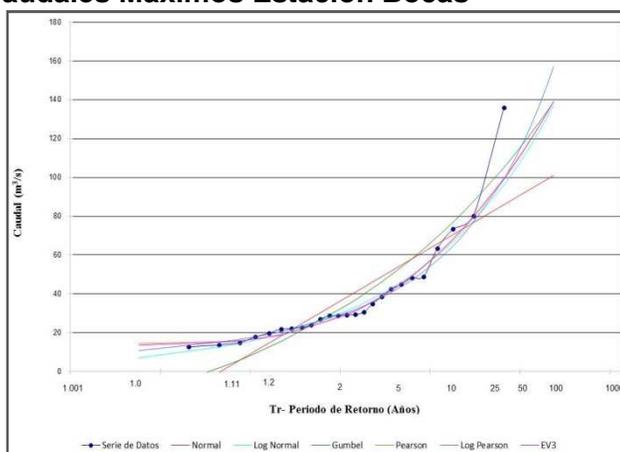
**Tabla 79 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Bocas**

PERÍODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	38,2	34,1	29,4	30,3	31,2	29,4
<b>5,0</b>	60,9	62,2	53,0	50,7	53,3	53,4
<b>10,0</b>	72,8	80,7	71,8	68,8	70,5	72,4
<b>25,0</b>	85,5	104,2	97,9	97,9	95,1	98,4
<b>50,0</b>	93,7	121,6	118,3	124,9	115,3	118,6
<b>100,0</b>	101,0	138,9	139,2	157,2	137,2	139,0
<b>Chi 2</b>	-6,387	0,653	0,175	0,169	0,209	0,169

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Bocas en el Río Blanco, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 29.4m<sup>3</sup>/s, es de 53.4 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 98.4m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 139m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 80 Análisis Caudales Máximos Estación Bocas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Río Ata**

Estación Gaitana

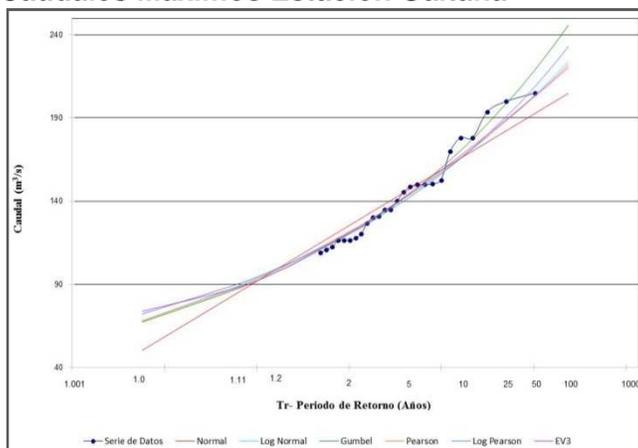
**Tabla 80 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Gaitana**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	127,7	122,5	123,7	122,4	123,6	123,2
<b>5,0</b>	155,6	155,5	153,7	152,3	153,2	154,7
<b>10,0</b>	170,2	177,4	171,8	171,9	171,5	173,0
<b>25,0</b>	185,8	205,0	193,1	196,4	193,3	193,7
<b>50,0</b>	195,8	225,5	208,0	214,7	208,9	207,5
<b>100,0</b>	204,8	245,8	222,2	233,0	223,9	220,3
<b>Chi 2</b>	0,182	0,040	0,060	0,055	0,062	0,048

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Gaitana en el Río Ata, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 123.2 m<sup>3</sup>/s, es de 154.7 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 193.7m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 220.3 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 81 Análisis Caudales Máximos Estación Gaitana**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Río Cauca**

Estación Puente Aragón

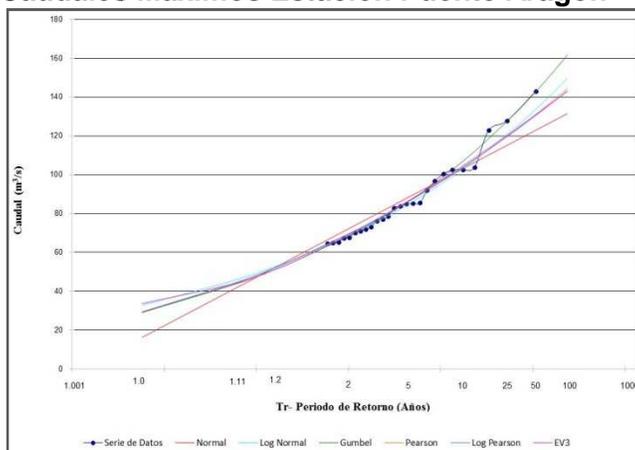
**Tabla 81 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Puente Aragón**

PERÍODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	73,9	70,1	71,0	71,2	70,1	70,6
<b>5,0</b>	94,7	94,6	93,4	93,6	92,2	94,1
<b>10,0</b>	105,6	110,8	106,9	107,0	106,4	107,7
<b>25,0</b>	117,2	131,3	122,7	122,4	124,0	123,1
<b>50,0</b>	124,7	146,5	133,8	133,1	136,9	133,4
<b>100,0</b>	131,5	161,6	144,3	143,1	149,6	142,9
<b>Chi 2</b>	0,116	0,043	0,058	0,059	0,068	0,072

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Puente Aragón en el Río Cauca, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 70.6 m<sup>3</sup>/s, es de 94.1 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 123.1m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 142.9 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 82 Análisis Caudales Máximos Estación Puente Aragón**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Río Vinagre**

#### Estación Bocatoma Vinagre

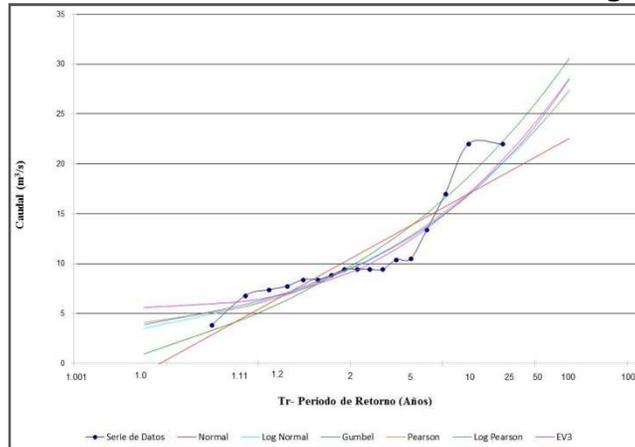
**Tabla 82 Frecuencia de Caudales Máximos Estación Bocatoma Vinagre**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	10,9	10,1	9,8	9,8	9,8	9,4
<b>5,0</b>	15,1	15,6	14,4	14,2	14,3	14,1
<b>10,0</b>	17,3	19,2	17,5	17,3	17,3	17,5
<b>25,0</b>	19,7	23,8	21,5	21,6	21,3	21,9
<b>50,0</b>	21,2	27,2	24,4	25,0	24,4	25,3
<b>100,0</b>	22,6	30,6	27,3	28,5	27,5	28,6
<b>Chi 2</b>	0,066	0,051	0,037	0,036	0,038	0,037

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

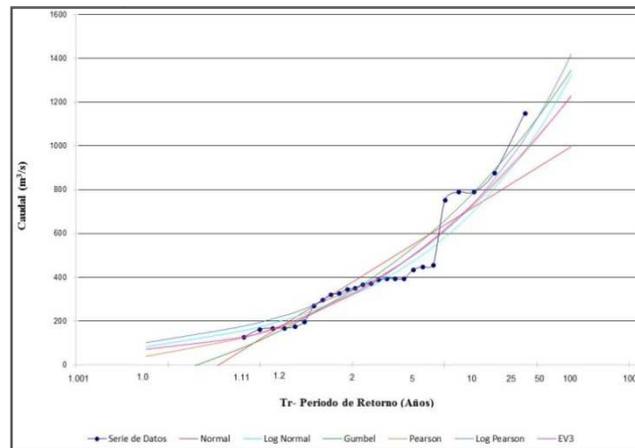
Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos máximos de caudal para la estación Bocatoma Vinagre en la cuenca del río vinagre, indica que para un evento máximo anual el caudal alcanzado es de 9.4m<sup>3</sup>/s, es de 14.1 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 21.9m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 28.6m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 83 Análisis Caudales Máximos Estación Bocatoma Vinagre**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 84 Análisis Caudales Máximos Estación Puente Carretera**



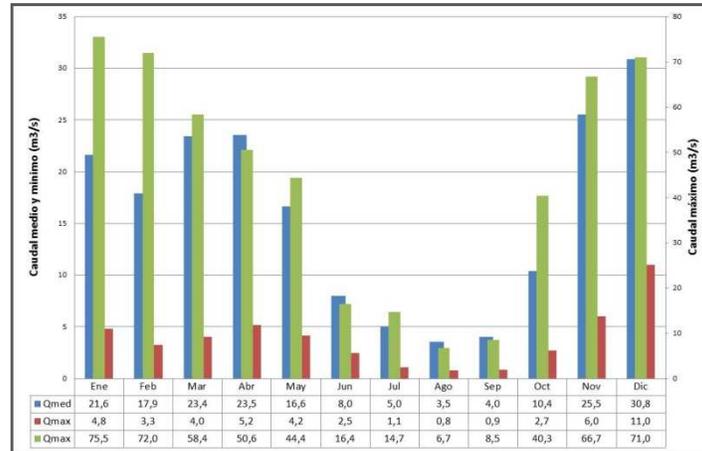
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Caudales Medios**

**Río Yaguará**

Estación Hacienda Venecia

**Figura 85 Análisis Caudales Medios Estación Venecia**



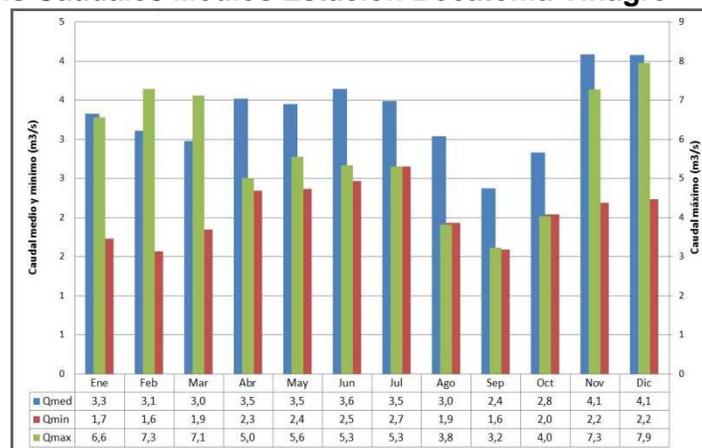
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Estación Hacienda Venecia registra un caudal promedio anual 15.87 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 27 años. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 75.5 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 0.8 m<sup>3</sup>/s. Se puede observar en la gráfica que los valores mínimos se presentan en los meses de junio, julio y agosto.

### **Río Vinagre**

#### Estación Bocatoma Vinagre

**Figura 86 Análisis Caudales Medios Estación Bocatoma Vinagre**



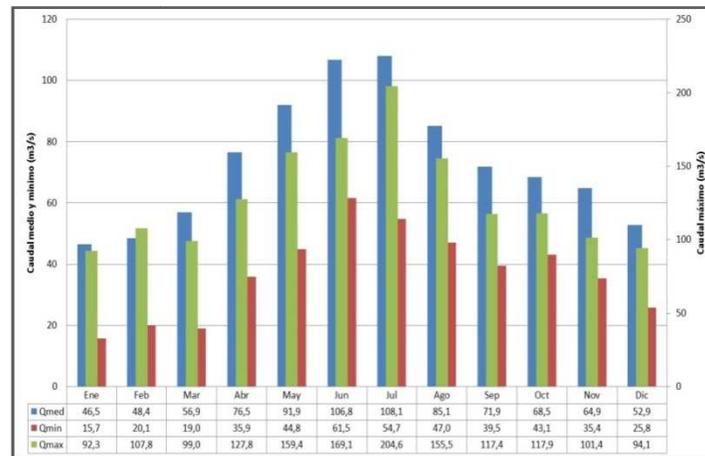
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Estación Bocatoma Vinagrecuenta con registro de caudal promedio anual 3.3 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 33 años. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 7.9 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 1.6 m<sup>3</sup>/s. Los caudales máximos se presentan en los meses de noviembre y diciembre.

## Río Saldaña

### Estación Las Sardinas

**Figura 87 Análisis Caudales Medios Estación Las Sardinas**

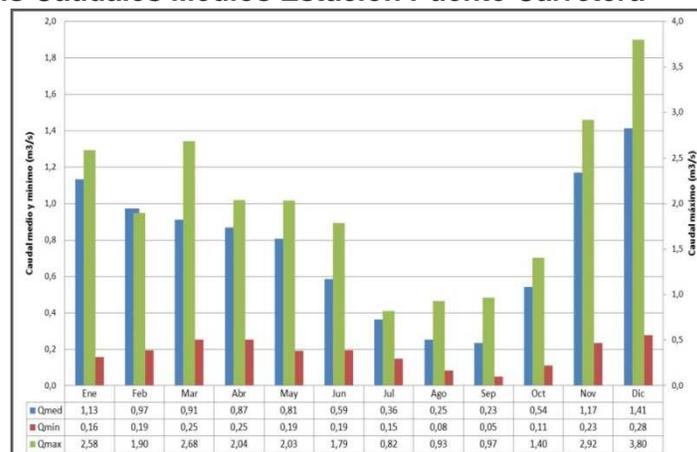


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La estación Las Sardinas registra un caudal promedio anual 73.2 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 45 años. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 204.6 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 15.7 m<sup>3</sup>/s. Se puede observar en la gráfica que los valores mínimos se presentan en los meses de diciembre y enero.

### Estación Puente Carretera

**Figura 88 Análisis Caudales Medios Estación Puente Carretera**



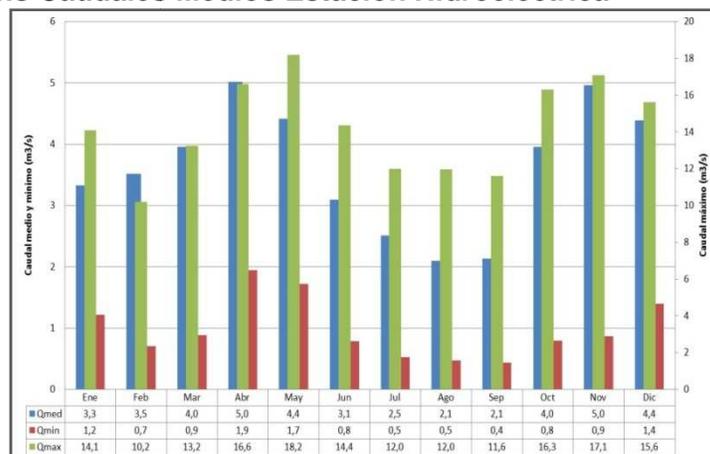
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Estación Puente Carretera cuenta con registro de caudal promedio anual 0.77 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 39 años con registro desde 1965 hasta 2004. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 3.8 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 0.08 m<sup>3</sup>/s. Los caudales máximos se presentan en los meses de noviembre, diciembre y enero.

### Río Pedernal

#### Estación Hidroeléctrica

**Figura 89 Análisis Caudales Medios Estación Hidroeléctrica**



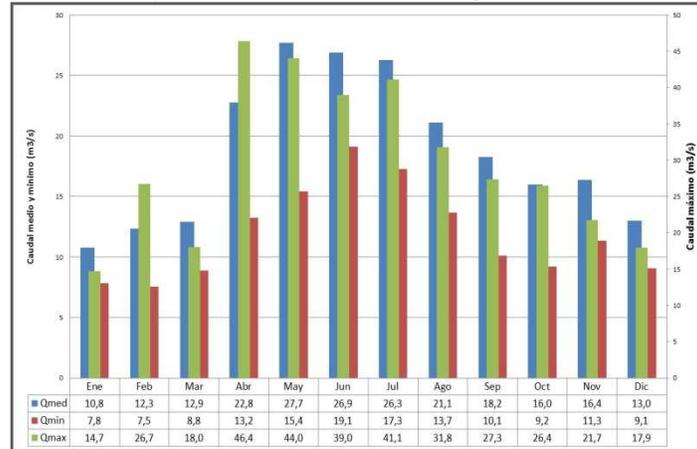
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La estación Hidroeléctrica registra un caudal promedio anual 3.6 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 56 años desde 1952 al 2008. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 18.2 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 0.4 m<sup>3</sup>/s. Se puede observar en la gráfica que los valores mínimos se presentan en los meses de julio, agosto y septiembre.

## Río Páez

### Estación Talaga-ToezAutomatica

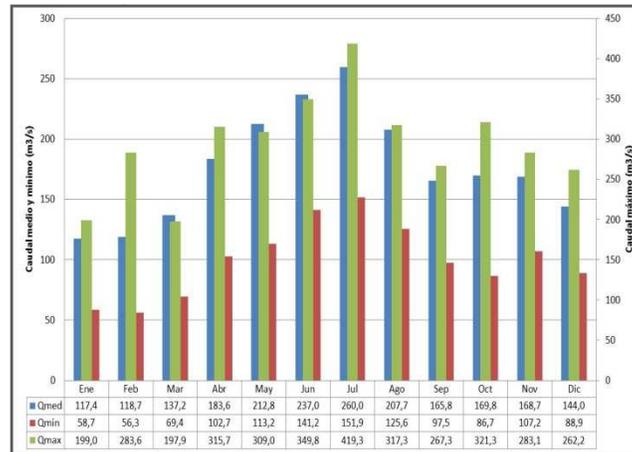
**Figura 90 Análisis Caudales Medios Estación Talaga- Toez Automático**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Estación Paicol

**Figura 91 Análisis Caudales Medios Estación Paicol**



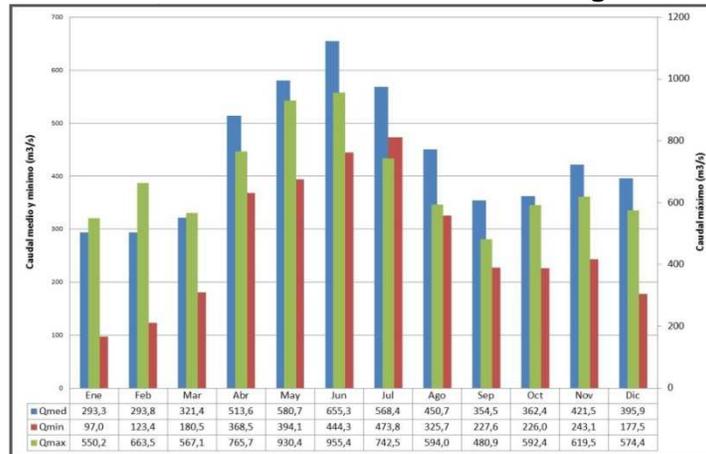
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Estación Paicol cuenta con registro de caudal promedio anual 176.9 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 46 años con registro desde 1964 hasta 2010. La estación se encuentra sobre la cuenca del río Páez. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 419.3 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 563 m<sup>3</sup>/s. Los caudales máximos se presentan en los meses de junio y julio.

## Río Magdalena

### Estación Paso El Colegio

**Figura 92 Análisis Caudales Medios Estación Paso El Colegio**



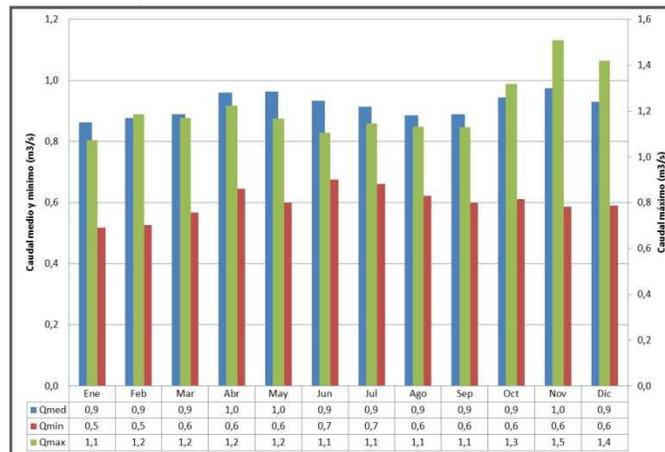
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La estación Paso El Colegio registra un caudal promedio anual 434.3 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 12 años desde 1998 al 2010. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 985.4 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 97 m<sup>3</sup>/s. Esta estación se encuentra ubicada en la cuenca del río Magdalena. Se puede observar en la gráfica que los valores mínimos se presentan en los meses de enero y febrero.

## Río Iquira

### Estación Yerbabuena

**Figura 93 Análisis Caudales Medios Estación Yerbabuena**



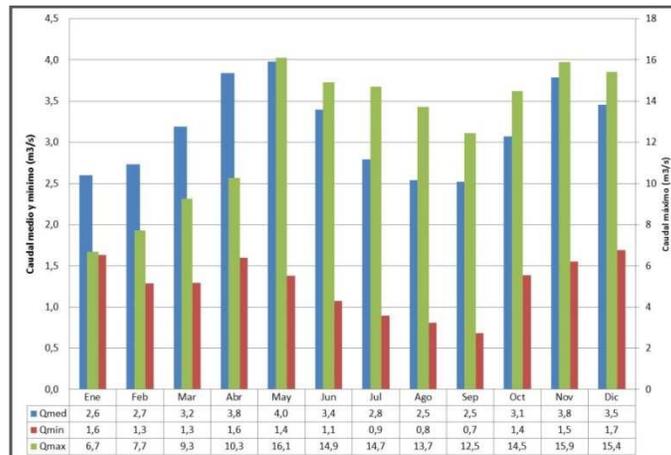
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Estación Yerbabuena cuenta con registro de caudal promedio anual 0.9 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 15 años con registro desde 1995 hasta 2010. La estación se encuentra sobre la cuenca del río la teta. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 1.5 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 0.5 m<sup>3</sup>/s. Los caudales máximos se presentan en los meses de noviembre y diciembre.

### Estación Bocatoma

La estación Bocatoma registra un caudal promedio anual 3.2 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 39 años desde 1971 al 2010. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 16.1 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 0.7 m<sup>3</sup>/s. Esta estación se encuentra ubicada en la cuenca del río Iquira. Se puede observar en la gráfica que los valores mínimos se presentan en los meses de enero y febrero.

**Figura 94 Análisis Caudales Medios Estación Bocatoma**

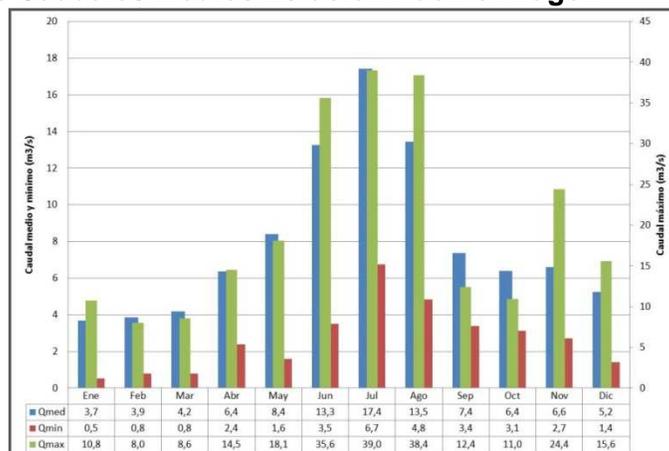


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

## Río Cauca

### Estación Puente Aragón

**Figura 95 Análisis Caudales Medios Estación Puente Aragón**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

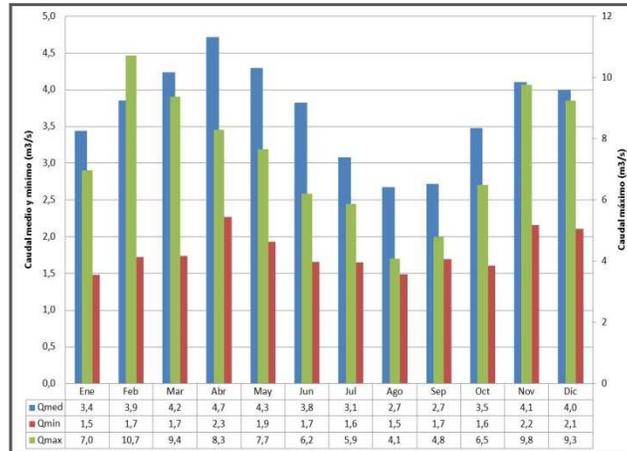
La Estación Puente Aragón cuenta con registro de caudal promedio anual 8 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 45 años con registro desde 1965 hasta 2010. La estación se encuentra sobre la cuenca del río Cauca. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 39 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 0.5 m<sup>3</sup>/s. Los caudales máximos se presentan en los meses de junio, julio y agosto.

## Río Blanco

### Estación Bocas

La estación Bocas registra un caudal promedio anual 3.7 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 25 años desde 1985 al 2010. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 10.7 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 1.5 m<sup>3</sup>/s. Esta estación se encuentra ubicada en la cuenca del río Iquira. Se puede observar en la gráfica que los valores mínimos se presentan en los meses de agosto y septiembre.

**Figura 96 Análisis Caudales Medios Estación Bocas**

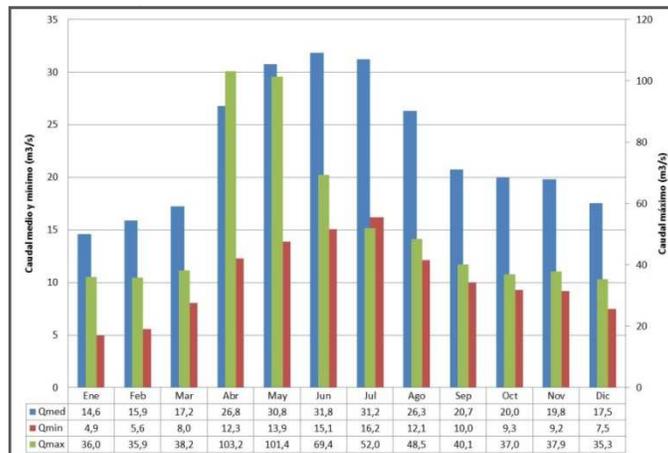


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Río Bedón**

**Estación El Trebol**

**Figura 97 Análisis Caudales Medios Estación El Trebol**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

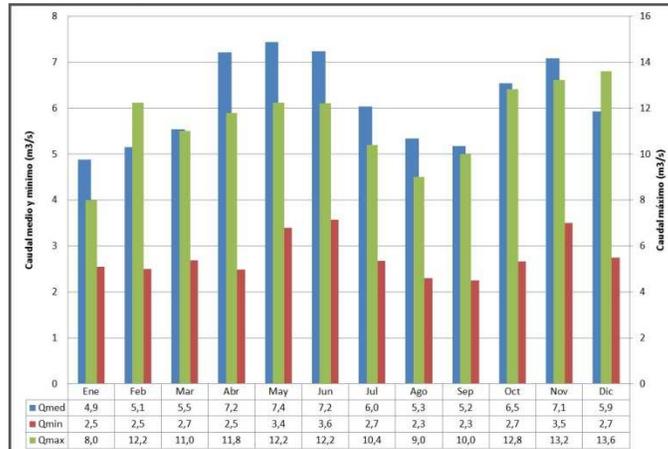
La Estación El Trebol cuenta con registro de caudal promedio anual 22.7 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 16 años con registro desde 1994 hasta 2010. La estación se encuentra sobre la cuenca del río Bedon. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 103.2 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 4.9 m<sup>3</sup>/s. Los caudales máximos se presentan en los meses de mayo, junio y julio.

## Río Baché

### Estación Santa María

La estación Santa María registra un caudal promedio anual 6.1 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 25 años desde 1985 al 2010. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 13.6 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 2.3 m<sup>3</sup>/s. Esta estación se encuentra ubicada en la cuenca del río Bache. Se puede observar en la gráfica que los valores mínimos se presentan en los meses de enero y febrero.

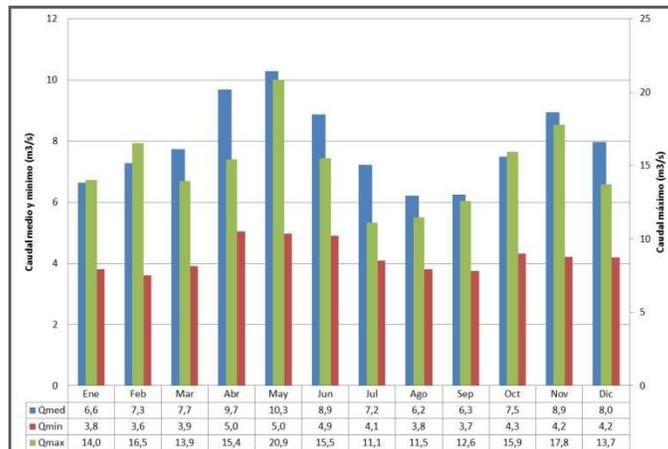
**Figura 98 Análisis Caudales Medios Estación Santa María**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Estación El Socorro

**Figura 99 Análisis Caudales Medios Estación El Socorro**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

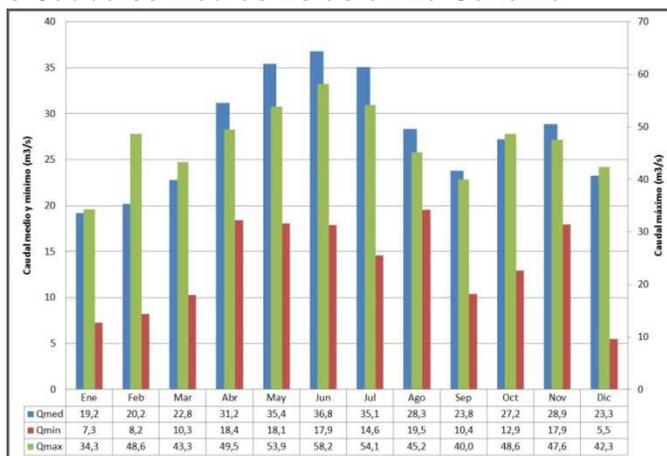
La Estación El Trebol cuenta con registro de caudal promedio anual 7.9 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 39 años con registro desde 1971 hasta 2010. La

estación se encuentra sobre la cuenca del río Bedon. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 20.9 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 3.6 m<sup>3</sup>/s. Los caudales máximos se presentan en los meses de abril, mayo y junio.

### Río Ata

#### Estación La Gaitania

**Figura 100 Análisis Caudales Medios Estación La Gaitania**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La estación La Gaitania registra un caudal promedio anual 27.7 m<sup>3</sup>/s, y la estación cuenta con un registro de 51 años desde 1959 al 2010. Los valores de caudales máximos presentes en esta estación son de 58.2 m<sup>3</sup>/s y el valor mínimo anual es de 5.5 m<sup>3</sup>/s. Esta estación se encuentra ubicada en la cuenca del río Ata. Se puede observar en la gráfica que los valores mínimos se presentan en los meses de enero y febrero.

### Caudales Mínimos

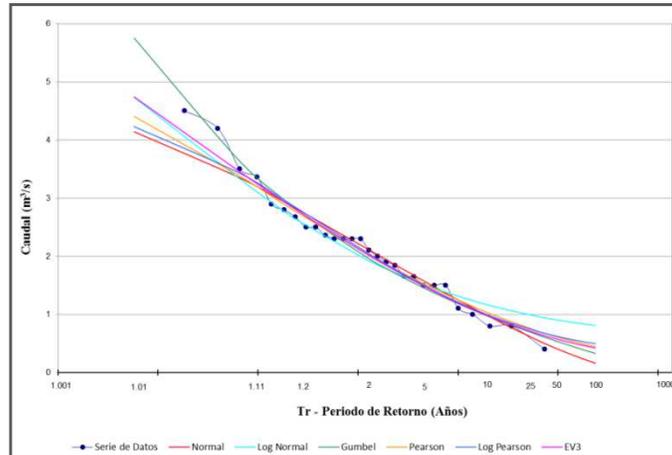
#### Río Yaguará

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Hacienda Venecia en el río Yaguará, es el que se reporta en la Tabla 83 y gráficamente representados en la Figura 100.

#### Estación Hacienda Venecia

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación de Hacienda Venecia del río Yaguará, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 2,2 m<sup>3</sup>/s, es de 1,3 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 0,5 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 0,2 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 101 Análisis Caudales Mínimos Estación Hacienda Venecia**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 83 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Hacienda Venecia**

PERIODO RETORNO (TR)	DE	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
Años		<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>		2,2	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1
<b>5,0</b>		1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3
<b>10,0</b>		0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	0,9
<b>25,0</b>		0,5	0,6	0,7	0,7	1,0	0,7
<b>50,0</b>		0,3	0,5	0,6	0,6	0,9	0,5
<b>100,0</b>		0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	0,4
Chi 2		<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,008</b>	<b>0,003</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

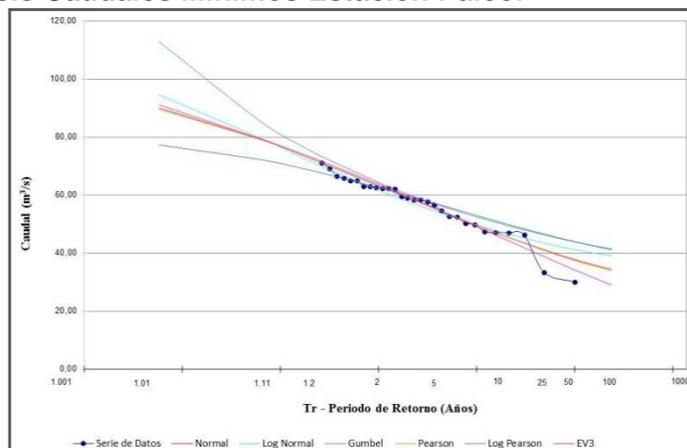
### **Río Páez**

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Paicol en el río Páez, es el que se reporta en la Tabla 84 y gráficamente representados en la Figura 102.

### Estación Paicol

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación de Paicol en el Río Páez, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 62,3 m<sup>3</sup>/s, es de 50,9 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 39,5 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 33,9 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 102 Análisis Caudales Mínimos Estación Paicol**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 84 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Estación Paicol**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	62,2	63,3	62,3	62,0	60,7	62,8
<b>5,0</b>	50,9	53,4	50,9	53,9	50,7	50,6
<b>10,0</b>	45,2	49,3	45,2	49,7	46,4	44,0
<b>25,0</b>	39,8	45,3	39,5	45,5	42,5	37,0
<b>50,0</b>	36,7	43,1	36,3	43,2	40,5	32,7
<b>100,0</b>	34,4	41,2	33,9	41,4	39,0	29,0
Chi 2	<b>0,047</b>	<b>0,131</b>	<b>0,046</b>	<b>0,215</b>	<b>0,070</b>	<b>0,034</b>

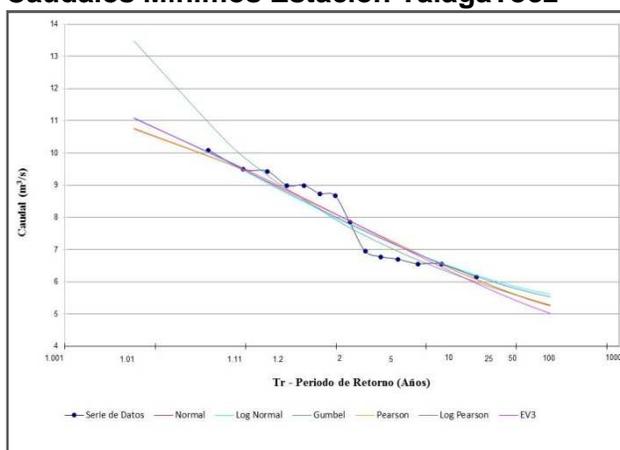
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Estación TalagaToez

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación TalagaToez en el río Páez, es el que se reporta en la Tabla 85 y gráficamente representados en la Figura 102.

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación de TalagaToez en el Río Páez, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 8,0 m<sup>3</sup>/s, es de 6,8 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 5,6 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 5,0 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 103 Análisis Caudales Mínimos Estación TalagaToez**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 85 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación TalagaToez**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	8,0	7,8	8,0	7,9	7,9	8,0
<b>5,0</b>	6,9	6,7	6,9	6,9	6,9	6,8
<b>10,0</b>	6,3	6,2	6,3	6,4	6,4	6,2
<b>25,0</b>	5,8	5,8	5,8	5,9	6,0	5,6
<b>50,0</b>	5,5	5,5	5,5	5,7	5,8	5,3
<b>100,0</b>	5,3	5,3	5,3	5,5	5,6	5,0
Chi 2	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

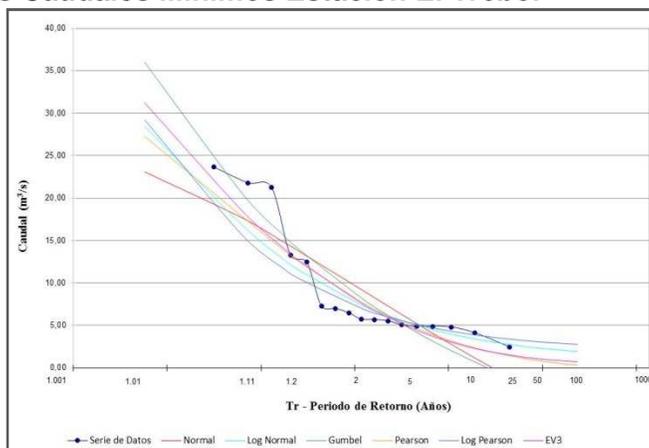
### ***Río Bedón***

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación El Trébol en el río Bedón, es el que se reporta en la Tabla 85y gráficamente representados en la Figura 103

### **Estación El Trebol**

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación de El Trébol en el Río Bedón, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 7,6 m<sup>3</sup>/s, es de 3,4 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 1,3 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 0,7 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 104 Análisis Caudales Mínimos Estación El Trébol**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 86 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación El Trébol**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	9,2	8,2	7,8	7,0	7,4	7,6
<b>5,0</b>	3,6	2,7	3,6	4,6	4,3	3,4
<b>10,0</b>	0,8	0,4	2,2	3,8	3,3	2,1
<b>25,0</b>	-1,9	-1,8	1,1	3,2	2,5	1,3
<b>50,0</b>	-3,5	-3,1	0,6	3,0	2,2	0,9
<b>100,0</b>	-4,6	-4,2	0,3	2,8	1,9	0,7
Chi 2	<b>0,094</b>	<b>0,170</b>	<b>0,107</b>	<b>0,124</b>	<b>0,093</b>	<b>0,099</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

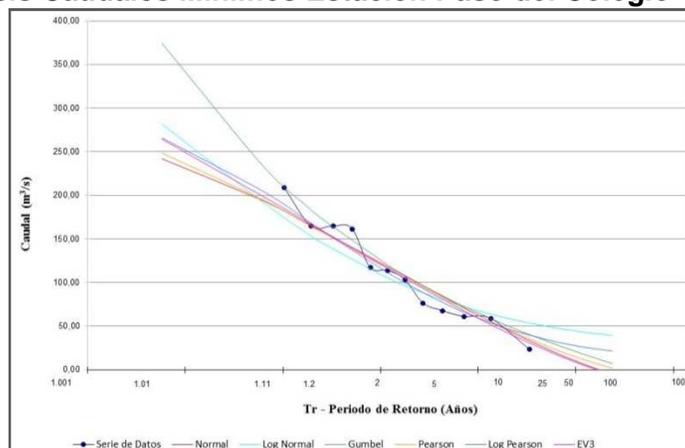
### ***Río Magdalena***

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Paso del Colegio en el río Magdalena, es el que se reporta en la Tabla 87 y gráficamente representados en la Figura 104

### ***Estación Paso del Colegio***

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación Paso del Colegio en el Río Magdalena, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 111,7 m<sup>3</sup>/s, es de 63,8 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 32,0 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 21,6 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 105 Análisis Caudales Mínimos Estación Paso del Colegio**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 87 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Paso del Colegio**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	118,5	120,6	116,4	111,7	105,6	116,5
<b>5,0</b>	68,4	70,2	67,8	63,8	70,8	64,9
<b>10,0</b>	43,4	48,8	44,7	45,8	58,1	40,4
<b>25,0</b>	19,2	28,7	22,9	32,0	47,9	17,3
<b>50,0</b>	5,6	17,1	11,0	25,8	43,0	4,5
<b>100,0</b>	-4,8	7,3	2,0	21,6	39,6	-5,5
Chi 2	<b>0,220</b>	<b>0,280</b>	<b>0,220</b>	<b>0,183</b>	<b>0,468</b>	<b>0,169</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

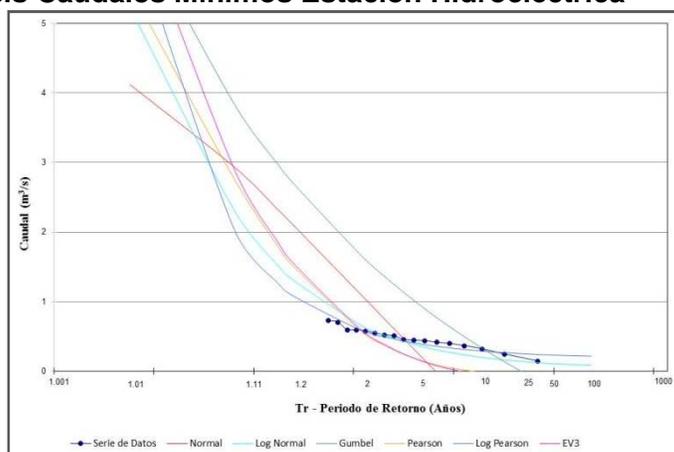
### ***Río Pedernal***

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Hidroeléctrica en el río Pedernal, es el que se reporta en la Tabla 88 y gráficamente representados en la Figura 105

### ***Estación Hidroeléctrica***

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación Hidroeléctrica en el Río Pedernal, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 0,7 m<sup>3</sup>/s, es de 0,3 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 0,1 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 0,1 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 106 Análisis Caudales Mínimos Estación Hidroeléctrica**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 88 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Hidroeléctrica**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	1,1	1,7	0,6	0,6	0,7	0,6
<b>5,0</b>	-0,1	0,7	0,1	0,3	0,3	0,1
<b>10,0</b>	-0,7	0,3	0,0	0,3	0,2	-0,1
<b>25,0</b>	-1,3	-0,1	0,0	0,2	0,1	-0,1
<b>50,0</b>	-1,7	-0,3	0,0	0,2	0,1	-0,1
<b>100,0</b>	-1,9	-0,5	0,0	0,2	0,1	-0,1
Chi 2	<b>-0,143</b>	<b>0,140</b>	<b>0,079</b>	<b>0,070</b>	<b>0,066</b>	<b>-0,044</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

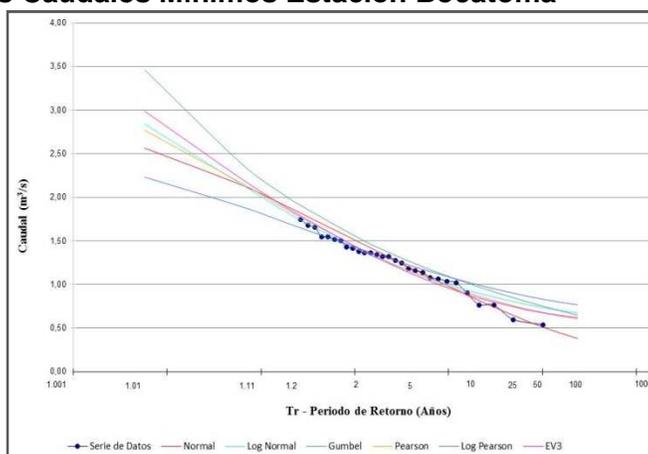
### **Río Iquira**

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Bocatoma en el río Iquira, es el que se reporta en la Tabla 89 y gráficamente representados en la Figura 106

### Estación Bocatoma

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación Bocatoma en el Río Iquira, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 1,4 m<sup>3</sup>/s, es de 1,0 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 0,8 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 0,6 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 107 Análisis Caudales Mínimos Estación Bocatoma**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 89 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Bocatoma**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4
<b>5,0</b>	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0
<b>10,0</b>	0,8	1,0	0,9	1,0	0,9	0,8
<b>25,0</b>	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7
<b>50,0</b>	0,5	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
<b>100,0</b>	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,6
Chi 2	<b>0,003</b>	<b>0,005</b>	<b>0,002</b>	<b>0,012</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>

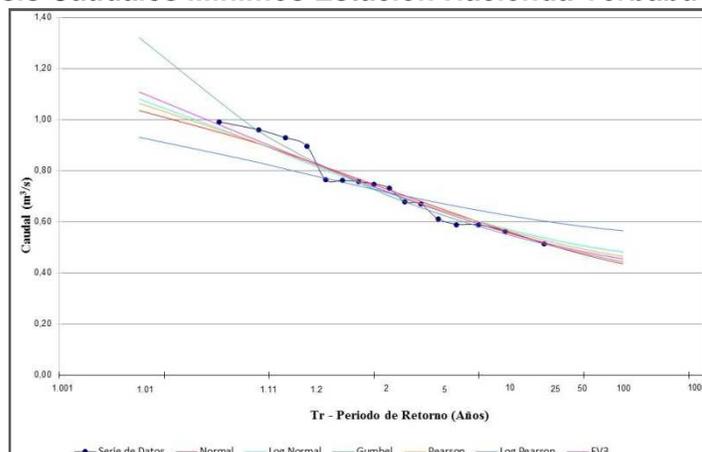
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Estación Yerbabuena

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Hacienda Yerbabuena en el río Iquia, es el que se reporta en la Tabla 90 y gráficamente representados en la Figura 107.

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación Yerbabuena en el Río Iquia, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 0,7 m<sup>3</sup>/s, es de 0,6 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 0,5 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 0,4 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 108 Análisis Caudales Mínimos Estación Hacienda Yerbabuena**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 90 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Yerbabuena**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>5,0</b>	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6
<b>10,0</b>	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5
<b>25,0</b>	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
<b>50,0</b>	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
<b>100,0</b>	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5
Chi 2	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

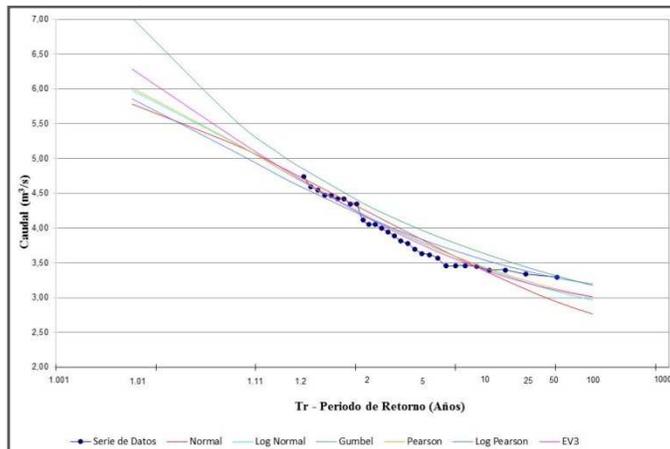
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **Río Baché**

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación El Socorro en el río Baché, es el que se reporta en la Tabla 91 y gráficamente representados en la Figura 108.

Estación El Socorro

**Figura 109 Análisis Caudales Mínimos Estación El Socorro**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 91 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación El Socorro**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	4,3	4,4	4,2	4,2	4,2	4,2
<b>5,0</b>	3,7	3,8	3,6	3,7	3,7	3,6
<b>10,0</b>	3,4	3,6	3,4	3,5	3,4	3,4
<b>25,0</b>	3,1	3,4	3,2	3,3	3,2	3,2
<b>50,0</b>	2,9	3,3	3,1	3,3	3,1	3,1
<b>100,0</b>	2,8	3,2	3,0	3,2	3,0	3,0
Chi 2	<b>0,003</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>

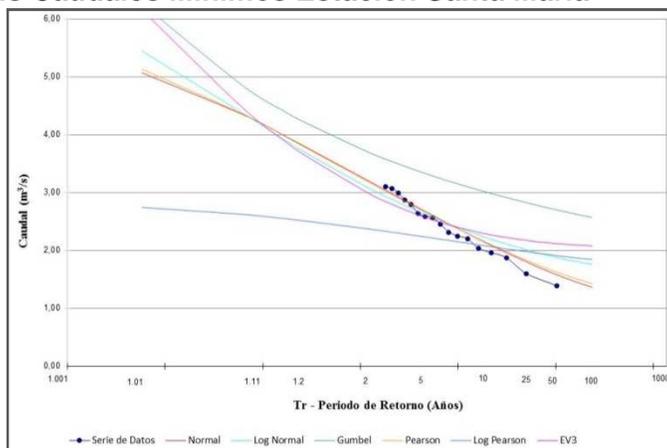
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Estación Santa María

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación El Socorro en el río Baché, es el que se reporta en la Tabla 92 y gráficamente representados en la Figura 109

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación de Santa María en el Río Baché, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 3,2 m<sup>3</sup>/s, es de 2,5 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 1,7 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 1,4 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 110 Análisis Caudales Mínimos Estación Santa María**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 92 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Santa María**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	3,2	3,7	3,2	2,4	3,1	3,0
<b>5,0</b>	2,5	3,2	2,5	2,2	2,5	2,4
<b>10,0</b>	2,1	3,0	2,1	2,1	2,2	2,3
<b>25,0</b>	1,7	2,8	1,8	2,0	2,0	2,1
<b>50,0</b>	1,5	2,7	1,6	1,9	1,8	2,1
<b>100,0</b>	1,4	2,6	1,4	1,8	1,8	2,1
Chi 2	<b>0,002</b>	<b>0,051</b>	<b>0,003</b>	<b>0,189</b>	<b>0,005</b>	<b>0,009</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

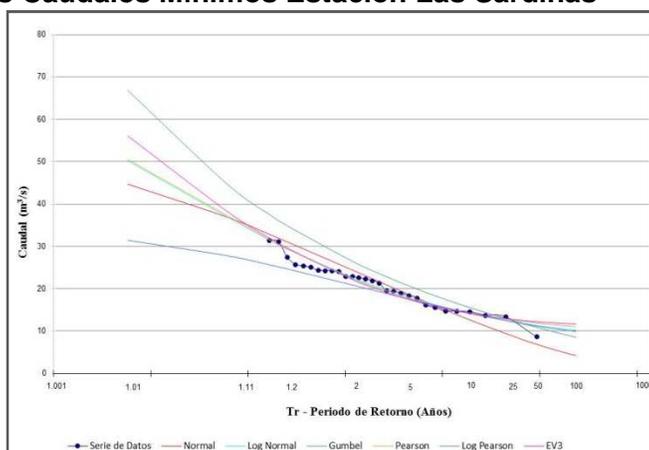
### **Río Saldaña**

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Las Sardinas en el río Saldaña, es el que se reporta en la Tabla 93 y gráficamente representados en la Figura 110

### Estación Las Sardinas

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación Las Sardinas en el Río Saldaña, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 22,7 m<sup>3</sup>/s, es de 16,4 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 11,9 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 10,2 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 111 Análisis Caudales Mínimos Estación Las Sardinas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 93 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Las Sardinas**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	24,5	26,5	22,4	20,9	22,7	22,2
<b>5,0</b>	16,2	18,5	16,2	16,2	16,4	16,0
<b>10,0</b>	12,1	15,1	14,0	13,9	14,0	13,9
<b>25,0</b>	8,2	11,9	12,3	11,8	11,9	12,5
<b>50,0</b>	5,9	10,1	11,6	10,7	10,9	12,0
<b>100,0</b>	4,2	8,5	11,1	9,9	10,2	11,7
Chi 2	<b>0,067</b>	<b>0,175</b>	<b>0,021</b>	<b>0,065</b>	<b>0,017</b>	<b>0,024</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

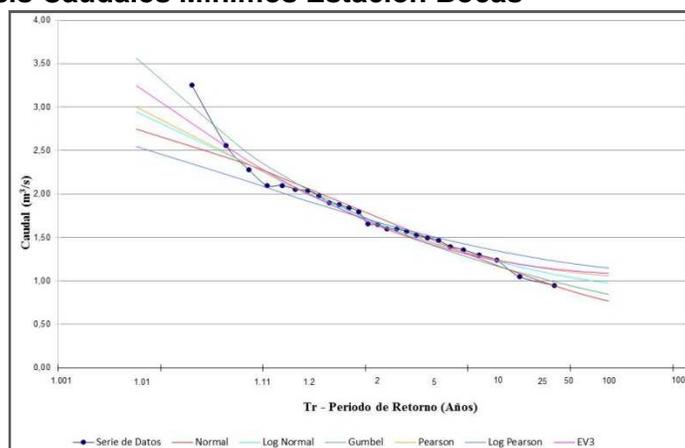
### **Río Blanco**

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Bocas en el río Blanco, es el que se reporta en la Tabla 93y gráficamente representados en la Figura 111.

### Estación Bocas

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación Bocas en el Río Blanco, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 1,7 m<sup>3</sup>/s, es de 1,3 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 1,0 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 0,8 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 112 Análisis Caudales Mínimos Estación Bocas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 94 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Bocas**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
<b>5,0</b>	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3
<b>10,0</b>	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2
<b>25,0</b>	1,0	1,0	1,1	1,2	1,1	1,1
<b>50,0</b>	0,9	0,9	1,1	1,2	1,0	1,1
<b>100,0</b>	0,8	0,8	1,1	1,1	1,0	1,1
Chi 2	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,006</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

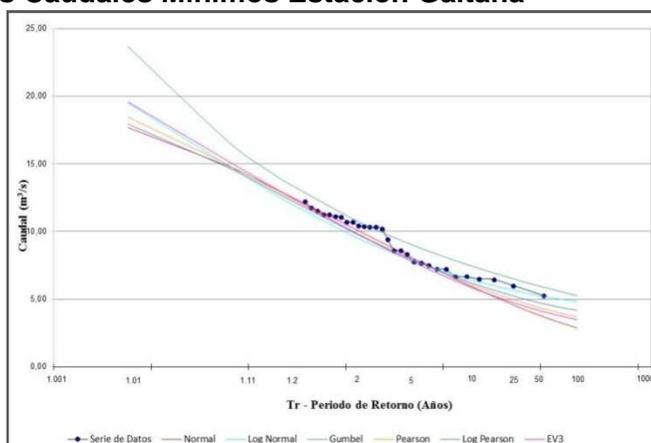
### **Río Ata**

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportado durante todo el período de registro de la estación Gaitana en el río Ata, es el que se reporta en la Tabla 95 y gráficamente representados en la Figura 112.

### Estación Gaitana

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación Gaitana en el Río Ata, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 10,0 m<sup>3</sup>/s, es de 7,3 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 5,1 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 4,2 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 113 Análisis Caudales Mínimos Estación Gaitana**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Tabla 95 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Gaitana**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	10,3	10,9	10,0	10,0	9,7	10,0
<b>5,0</b>	7,3	8,4	7,2	7,3	7,3	7,0
<b>10,0</b>	5,8	7,3	5,9	6,1	6,3	5,7
<b>25,0</b>	4,3	6,3	4,8	5,1	5,5	4,5
<b>50,0</b>	3,5	5,7	4,2	4,5	5,1	3,9
<b>100,0</b>	2,9	5,3	3,7	4,2	4,8	3,5
Chi 2	<b>0,242</b>	<b>0,286</b>	<b>0,244</b>	<b>0,240</b>	<b>0,258</b>	<b>0,256</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

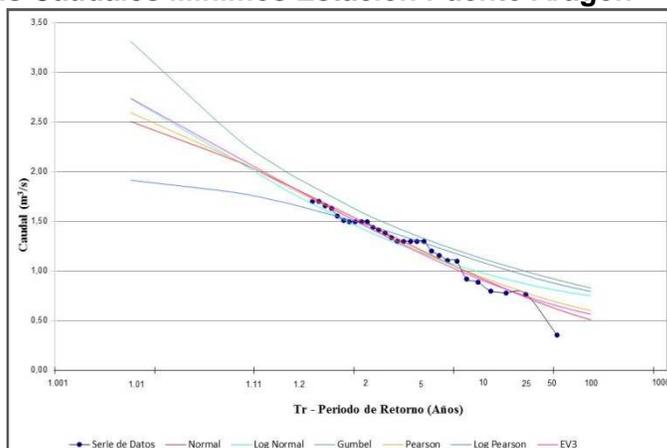
### **Río Cauca**

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Puente Aragón en el río Cauca, es el que se reporta en la Tabla 96 y gráficamente representados en la Figura 113.

#### Estación Puente Aragón

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación Puente Aragón en el Río Cauca, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 1,5 m<sup>3</sup>/s, es de 1,1 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 0,7 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 0,5 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 114 Análisis Caudales Mínimos Estación Puente Aragón**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 96 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Puente Aragón**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG- PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	1,5	1,6	1,5	1,5	1,4	1,5
<b>5,0</b>	1,1	1,3	1,1	1,2	1,1	1,1
<b>10,0</b>	0,9	1,1	0,9	1,1	1,0	0,9
<b>25,0</b>	0,7	1,0	0,8	0,9	0,9	0,7
<b>50,0</b>	0,6	0,9	0,7	0,9	0,8	0,6
<b>100,0</b>	0,5	0,8	0,6	0,8	0,7	0,6
Chi 2	<b>0,003</b>	<b>0,011</b>	<b>0,003</b>	<b>0,017</b>	<b>0,005</b>	<b>0,003</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

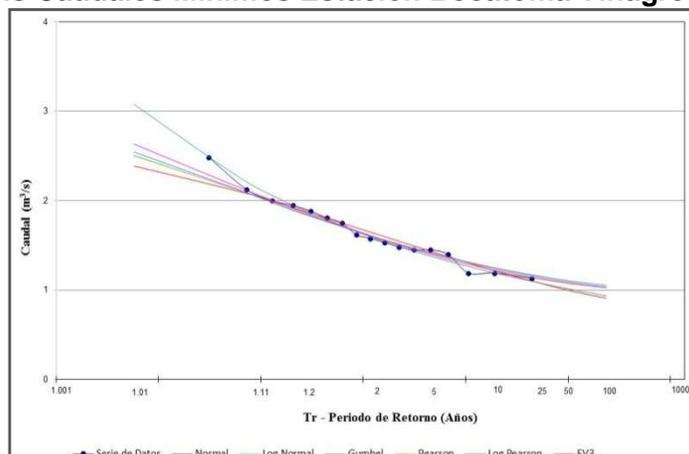
### ***Río Vinagre***

El análisis de frecuencia para los registros mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Bocatoma Vinagre en el río Vinagre, es el que se reporta en la Tabla 97 y gráficamente representados en la Figura 114.

### ***Estación Bocatoma Vinagre***

Los análisis de probabilidad de ocurrencia de eventos mínimos de caudal para la estación Bocatoma Vinagre en el Río Vinagre, indica que para un evento mínimo anual el caudal alcanzado es de 1,6 m<sup>3</sup>/s, es de 1,3 m<sup>3</sup>/s para cinco años, 1,1 m<sup>3</sup>/s para un período de retorno de 25 años y de 0,9 m<sup>3</sup>/s para uno de 100 años.

**Figura 115 Análisis Caudales Mínimos Estación Bocatoma Vinagre**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 97 Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Bocatoma Vinagre**

PERIODO DE RETORNO (TR)	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
Años	<b>m<sup>3</sup>/s</b>					
<b>2,0</b>	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
<b>5,0</b>	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
<b>10,0</b>	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
<b>25,0</b>	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
<b>50,0</b>	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1
<b>100,0</b>	0,9	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0
Chi 2	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

• **Rendimientos hídricos (Oferta Hídrica)**

El rendimiento hídrico o caudal específico se define como la cantidad de agua superficial por unidad de superficie de una cuenca, en un intervalo de tiempo dado (L/s-km<sup>2</sup>). Este concepto permite expresar la escorrentía por unidad de área para cuantificar la oferta hídrica superficial, estimar valores en unidades geográficas no instrumentadas y establecer comparaciones en diferentes unidades de análisis, objeto para el cual se presenta en este EIA.

Con el objeto de estimar los caudales y rendimientos se analizó la información hidrométrica en las estaciones seleccionadas del área de estudio, ubicadas sobre los ríos principales.

Para elaborar la clasificación hidrológica del Area de estudio, se utilizó el concepto de rendimiento hídrico aplicado a cada una de las cuencas de drenaje hasta el sitio de

registro, lo cual permitió generar un mapa de rendimientos hidrológicos de acuerdo con criterios de oferta de agua en cada unidad.

La calificación del rendimiento se realizó utilizando información de rendimientos hídricos presentada en el documento Estadísticas sobre el Recurso Agua en Colombia (Himat, 1992), (Tabla 98), y datos procesados por los consultores, proponiendo la clasificación de rendimientos hídricos de región

**Tabla 98 Clasificación de Rendimientos Hídricos**

Categoría	Rango (l/s-km
<b>Muy Bajo</b>	<10
<b>Bajo</b>	10 - 15
<b>Medio</b>	15 - 30
<b>Alto</b>	30 - 60
<b>Muy Alto</b>	>60

Fuente: Estadísticas sobre el Recurso Agua en Colombia (Himat, 1992)

Los rendimientos medios multianuales en las estaciones utilizadas varían entre 10.33 y 85.87 L/s-km<sup>2</sup>. La cuenca que presenta el menor índice de producción de agua corresponde al reportado en la estación Yerbabuena que se encuentra ubicada en el Río Negro con solamente 10.33 L/s-km<sup>2</sup> seguido igualmente de la estación El Casil ubicada en la subcuenca del Río Neiva con 20.24 L/s-km<sup>2</sup>.

Otras corrientes con valores de producción de agua muy altos corresponden a las cuencas de los ríos Bache en la estación El Socorro (85.87L/s-km<sup>2</sup>), río Bedón en la estación El Trebol (75,79 L/s-km<sup>2</sup>) y la estación TalagaToez del río Páez (65.36 L/s-km<sup>2</sup>), estas subcuencas hacen parte de de la vertiente del río Magdalena. No se presentan este tipo de rendimientos para la cuenca del río Cauca.

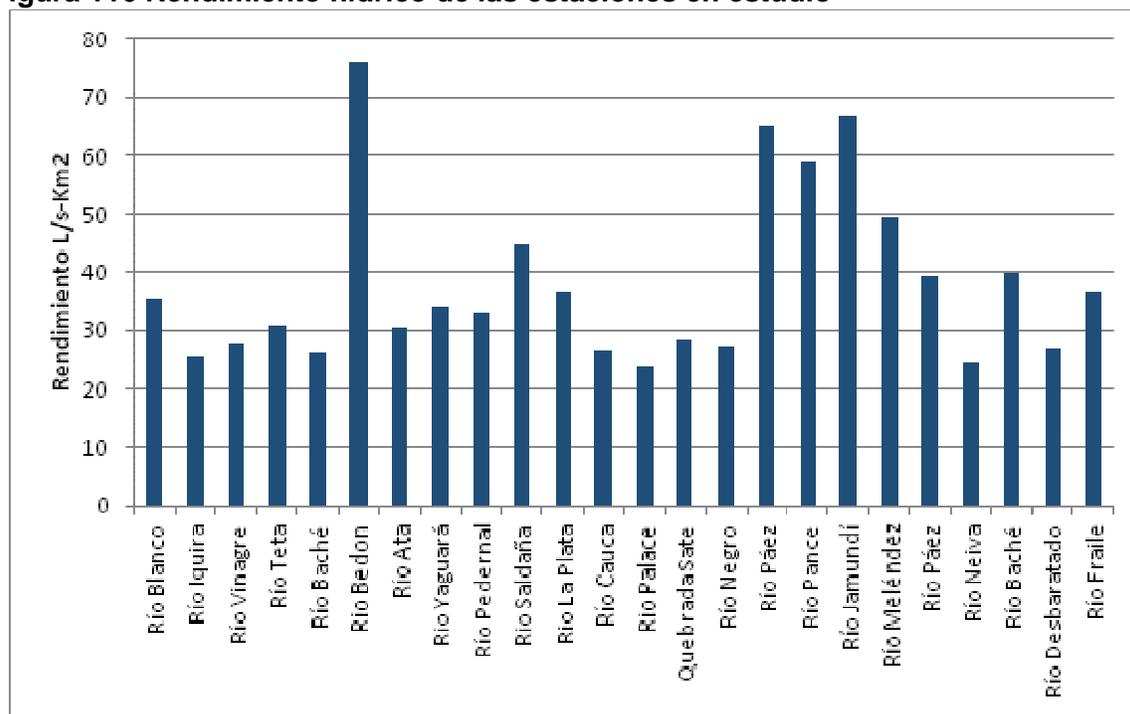
En la cuenca del río Magdalena de similar manera, las cuencas que presentan una clasificación de rendimiento alto se encuentran en las estaciones de La Sardinias (Río Saldaña), Paicol (Río Paéz), La Vega el Salado (Río La Plata) Bocas (Río Blanco), Río Chiquito (Río Las Golondrinas), Hidroeléctrica (Río Pedernal), y La Gaitania (Río Ata). En la cuenca del río Cauca solamente se reportan rendimiento altos para la estación de Puente Aragón (Río Cauca) y Buenos Aires (Río Teta).

En la cuenca del río Cauca por el contrario aparecen rendimientos hidrológicos medios en las estaciones de Puente Carretera (Q. Sate), Bocatoma Vinagre (Río Vinagre) y Puente Carretera (Río Palacé). Hacia la cuenca del río Magdalena, las estaciones que reportan rendimientos medios son la de la Bocatoma (Río Iquira), Hacienda Venecia (Río Yaguará) y sobre la margen derecha, la estación Casil (Río Neiva), se encuentra dentro de este rango.

La única estación que muestra un rendimiento bajo es Yerbabuena (Río Iquira), localizada en la zona alta del flanco oriental de la Cordillera Central, con aporte hacia el río Magdalena.

En la Figura 116 se muestra comparativamente el rendimiento hídrico medio en cada una de las estaciones de estudio y se indica el resumen de los rendimientos hídricos en las estaciones limnigráficas y limnimétricas de la zona.

**Figura 116 Rendimiento hídrico de las estaciones en estudio**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

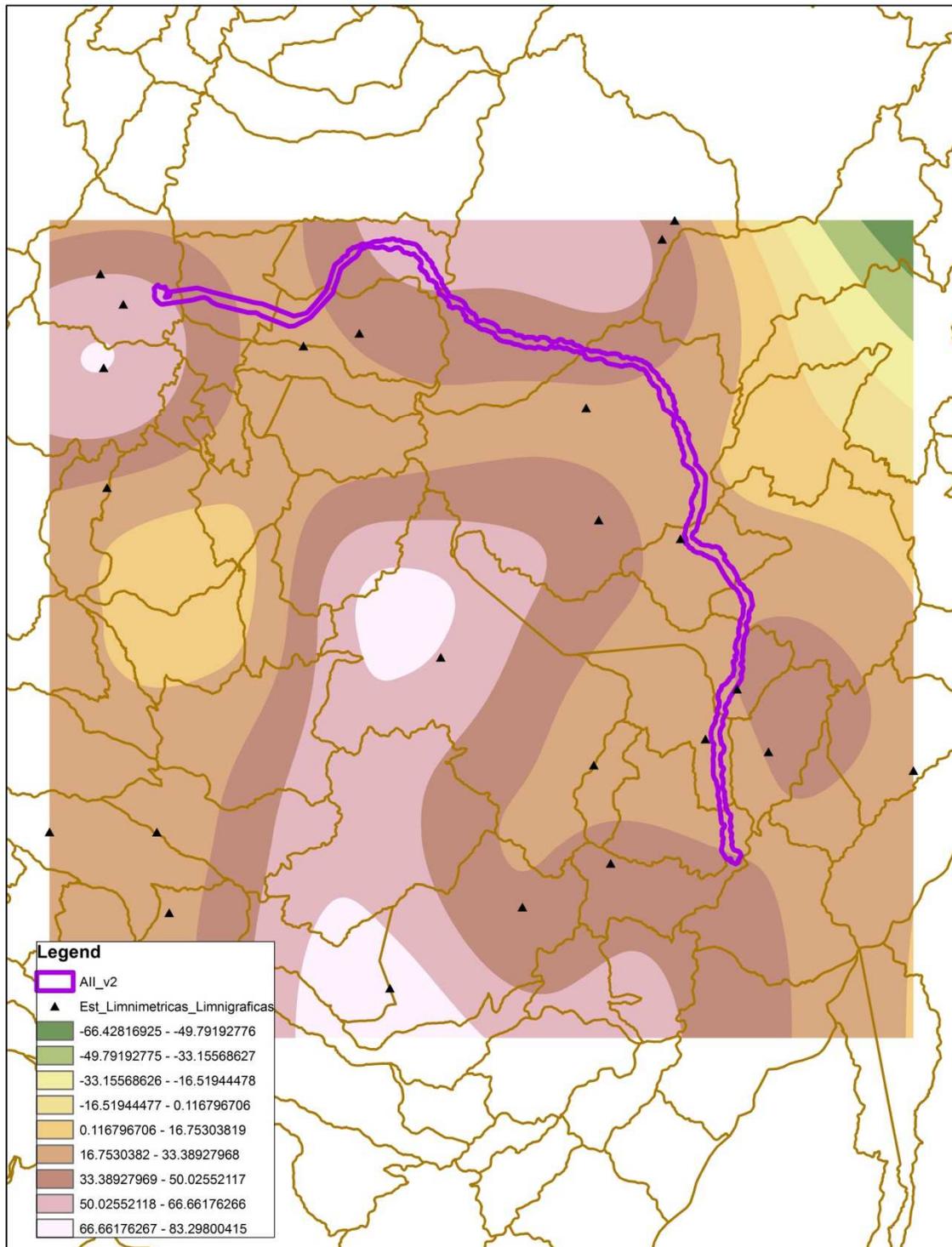
En la Tabla 99 se presenta la distribución espacial del rendimiento hídrico medio en el Área de Influencia Directa e Indirecta del proyecto.

**Tabla 99 Tabla resumen de rendimientos hídricos de las principales corrientes, según estación de medida**

ID	cod	Nombre	Cuenca	Este	Norte	Departamento	Municipios	Elevación	Rendimiento L/s-Km2
1	2201703	Bocas	Río Blanco	821915	876722	Tolima	Rioblanco	1175	35.4
2	2108705	Bocatoma	Río Iquira	827340	784900	Huila	Iquira	1250	25.7
3	2601711	Bocatoma Vinagre	Río Vinagre	732704	754062	Cauca	Popayan	2000	27.6
4	2602725	Buenos Aires	Río Teta	721727	829346	Cauca	Buenos Aires	1120	30.7
5	2112702	El Socorro	Río Baché	822938	820304	Huila	Santa Maria	1580	26.3
6	2105711	El Trebol	Rio Bedon	771644	740722	Cauca	Purace	1720	75.8
7	2202702	Gaitania	Río Ata	806293	843561	Tolima	Planadas	1667	30.6
8	2108708	Hacienda Venecia	Rio Yaguará	838461	782674	Huila	Yaguara	575	34.1
9	2108704	Hidroelectrica	Río Pedernal	832913	793742	Huila	Teruel	740	33.3
10	2201702	La Sardinias	Rio Saldaña	819686	873407	Tolima	Ataco	1190	44.8
11	2105705	La Vega el Salado	Rio La Plata	795035	755073	Huila	La Plata	1150	36.4
12	2601706	Puente Aragon	Río Cauca	732668	731927	Cauca	Purace	2870	26.7
13	2602720	Puente Carretera	Rio Palace	730504	768454	Cauca	Popayan	1758	24.1
14	2602722	Puente Carretera	Quebrada Sate	711579	768490	Cauca	Popayan	1470	28.5
15	2105713	Rio Chiquito	Río Negro	807643	780307	Cauca	Páez	1400	27.5
16	2105710	Talaga Toez	Río Páez	780636	799350	Cauca	Páez	1900	65.3
17	2605709	La Vorágine	Río Pance	724612	861907	Valle	Cali	1000	59.0
18	2605703	Potrerito	Río Jamundí	721125	850678	Valle	Jamundí	1011	66.9
19	2605714	Calle 5	Río Meléndez	720528	867272	Valle	Cali	996	49.7
20	2105706	Paicol	Río Páez	810624	762796	Huila	tesalia	785	39.5
21	2110703	El Casil	Río Neiva	864042	779328	Huila	algeciras	1260	24.8
22	2112703	Santa Maria	Río Baché	808485	823644	Huila	santa maria	2250	40.1
23	2606703	Ortigal	Río Desbaratado	756400	854514	Valle	Florida	988	27.2
24	26070690	El Líbano	Río Fraile	766267	856762	Valle	Pradera	1200	36.6

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014.

**Figura 117 Rendimiento hídrico de las estaciones en estudio**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014.

### 3.2.3.3 Área de influencia directa

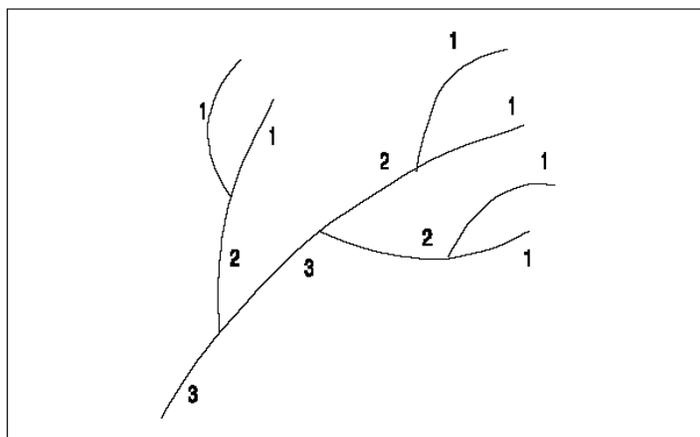
Para el área de influencia directa e indirecta del proyecto de Transmisión Eléctrica, se ha definido el alcance de la intervención del recurso, de acuerdo con la red de drenaje intervenida por cada trazado. Para el nivel de la información disponible se ha considerado que esta descripción aplica para los dos tipos de áreas de influencia.

En cuanto a la intervención de cruces, partiendo de información de drenajes que se obtiene de un mapa IGAC a una escala 1:100.000, lo que puede llegar a significar que las corrientes que se identifican tienen orden de Horton mínimo de 3.

La forma en que estén conectados los canales en una cuenca determinada, influye en la respuesta de esta a un evento de precipitación y en el caudal que la corriente transporta. Se ha desarrollado una serie de parámetros que tratan de cuantificar la influencia de la forma del drenaje en la escorrentía superficial directa. El orden de los canales es uno de ellos. Uno de los criterios para determinar el orden de los canales en una hoya es el definido por el modelo de Horton - Strahler. Según este modelo se toman como canales de primer orden todos aquellos que no tengan afluentes. Cuando se unen dos canales de primer orden forman un canal de segundo orden y así sucesivamente como lo muestra el diagrama de la Figura 118. El valor del orden del canal principal, en la boca de la cuenca da una idea de la magnitud del drenaje de la Cuenca.

Para cada Cuenca se realizó un análisis del número de orden teniendo en cuenta la longitud de cada uno de los drenajes de la cuenca. En la tabla presentada a continuación se muestran la cantidad de drenajes de cada grado y su longitud.

**Figura 118 Método de clasificación del Número de Orden de corrientes de drenaje superficial**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En lo que respecta a la red de drenaje las corrientes interceptadas por el proyecto son las que se muestran en la

**Tabla 100 Cruces de corrientes, Línea de Transmisión área del proyecto**

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 000 + 557	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	832122,9	764132,5
K 000 + 660	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	832038,7	764192,3
K 001 + 925	Zanjón Las Cocas	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831295,9	765172,3
K 002 + 458	Zanjón del Medio	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831190,9	765686,0
K 002 + 619	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831178,9	765846,1
K 004 + 875	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831060,3	768098,7
K 004 + 945	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831055,7	768168,5
K 005 + 132	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831043,7	768355,0
K 005 + 135	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831043,5	768357,7
K 005 + 244	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831036,4	768466,6
K 005 + 296	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831033,1	768518,6
K 005 + 419	Quebrada El Baurá	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831025,1	768641,5
K 005 + 541	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	831017,3	768762,7
K 005 + 857	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	830996,8	769078,6
K 005 + 966	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	830989,8	769186,7
K 006 + 578	Quebrada El Venado	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	830950,2	769797,4
K 006 + 683	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	830943,4	769903,0
K 006 + 815	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	830934,9	770034,4
K 006 + 909	NN	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	830928,8	770128,3
K 007 + 476	Quebrada Las Yeguas	Alto de la Hocha	TESALIA	HUILA	830861,3	770690,2
K 009 + 089	Quebrada El Morrocon	La Hocha	ÍQUIRA	HUILA	830510,4	772263,1
K 009 + 184	NN	La Hocha	ÍQUIRA	HUILA	830483,5	772353,4
K 010 + 407	Quebrada Chucha	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	830287,5	773556,9
K 011 + 374	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	830134,3	774511,7
K 011 + 637	Quebrada El Chocho	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	830082,7	774769,2
K 011 + 874	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	830036,1	775001,9
K 012 + 012	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	830009,0	775137,0
K 012 + 116	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829988,6	775239,0
K 012 + 238	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829964,6	775358,3
K 013 + 092	Quebrada La Chorrera	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829796,7	776196,2
K 013 + 787	Quebrada El Guamal	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829701,6	776882,1
K 014 + 131	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829684,5	777225,9

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 014 + 597	Quebrada La Chorrera	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829661,4	777691,4
K 014 + 752	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829653,8	777846,0
K 015 + 422	Quebrada De Paredes	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829620,6	778514,9
K 016 + 268	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829601,0	779359,8
K 016 + 479	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829618,2	779569,9
K 016 + 601	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829628,1	779691,4
K 016 + 912	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829653,4	780002,0
K 017 + 032	Quebradade Vertientes	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829663,2	780121,7
K 018 + 115	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829651,3	781202,7
K 018 + 300	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829643,4	781387,7
K 018 + 703	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829626,3	781790,5
K 019 + 065	NN	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829611,0	782151,6
K 019 + 555	RÍO CALLEJON	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829589,0	782669,0
K 019 + 610	RÍO CALLEJON	Santa Lucia	ÍQUIRA	HUILA	829589,0	782669,0
K 020 + 288	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829540,8	783372,5
K 020 + 458	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829521,8	783541,2
K 020 + 728	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829491,4	783810,0
K 020 + 919	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829470,1	783999,3
K 020 + 935	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829468,3	784015,1
K 021 + 461	QuebradaEl Gucharaco	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829409,3	784537,5
K 022 + 393	QuebradaEl Garrapato	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829304,6	785464,3
K 022 + 794	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829259,6	785863,0
K 022 + 895	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829248,4	785962,4
K 023 + 100	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829225,3	786166,9
K 023 + 370	Quebrada grande	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829187,8	786498,7
K 023 + 498	Quebrada grande	Potreritos	ÍQUIRA	HUILA	829187,8	786498,7
K 023 + 727	RÍO IQUIRA	Potreritos	ÍQUIRA	HUILA	829229,5	786859,4
K 023 + 794	RÍO IQUIRA	Potreritos	ÍQUIRA	HUILA	829229,5	786859,4
K 023 + 850	RÍO IQUIRA	Potreritos	ÍQUIRA	HUILA	829229,5	786859,4
K 023 + 890	RÍO IQUIRA	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829229,5	786859,4
K 025 + 271	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829761,7	788222,2
K 025 + 759	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	829939,1	788676,5
K 026 + 134	NN	Santa Barbara	ÍQUIRA	HUILA	830075,7	789026,3

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 028 + 111	NN	Estambul	TERUEL	HUILA	830492,3	790934,9
K 028 + 211	QuebradaBolloneque	Estambul	TERUEL	HUILA	830498,7	791034,2
K 028 + 601	NN	Estambul	TERUEL	HUILA	830523,9	791423,6
K 029 + 915	Quebrada La Calavera	Monserate	TERUEL	HUILA	830707,7	792703,5
K 030 + 465	NN	Monserate	TERUEL	HUILA	830992,6	793173,9
K 031 + 088	NN	Monserate	TERUEL	HUILA	831315,4	793706,9
K 031 + 357	Quebrada Beberrecio	Monserate	TERUEL	HUILA	831455,1	793937,5
K 032 + 581	NN	Monserate	TERUEL	HUILA	832084,8	794986,0
K 033 + 068	NN	Varas Meson	TERUEL	HUILA	832329,6	795407,9
K 033 + 249	Quebrada El Minche	Varas Meson	TERUEL	HUILA	832420,4	795564,3
K 033 + 486	QuebradaLos Bollos	Varas Meson	TERUEL	HUILA	832539,3	795769,3
K 033 + 914	Quebrada Moitas o Pueblo	Varas Meson	TERUEL	HUILA	832655,0	796178,1
K 034 + 406	NN	Primavera	TERUEL	HUILA	832765,0	796657,9
K 035 + 082	QuebradaEl Balzal	Primavera	TERUEL	HUILA	832869,7	797325,1
K 035 + 382	Rio La Maria	Primavera	TERUEL	HUILA	832904,5	797623,2
K 035 + 417	NN	Primavera	TERUEL	HUILA	832908,5	797657,5
K 036 + 169	NN	Primavera	TERUEL	HUILA	832995,8	798404,8
K 036 + 333	NN	Primavera	TERUEL	HUILA	833014,8	798567,3
K 036 + 555	NN	Primavera	TERUEL	HUILA	833040,5	798787,7
K 036 + 923	Quebrada Gualpi	Gualpi	TERUEL	HUILA	833145,1	799135,0
K 038 + 151	QuebradaEl Alto	Sinai	TERUEL	HUILA	833490,8	800296,0
K 038 + 303	NN	Sinai	TERUEL	HUILA	833510,7	800446,0
K 038 + 567	NN	Sinai	TERUEL	HUILA	833545,4	800708,2
K 038 + 798	NN	Sinai	TERUEL	HUILA	833575,8	800937,3
K 038 + 979	Quebrada El Pederal	Sinai	TERUEL	HUILA	833601,0	801127,4
K 039 + 001	Quebrada El Pederal	Sinai	TERUEL	HUILA	833601,0	801127,4
K 039 + 680	NN	Sinai	TERUEL	HUILA	833689,4	801811,8
K 040 + 227	Quebrada La Hodura	Sinai	TERUEL	HUILA	833754,3	802354,9
K 040 + 314	NN	Sinai	TERUEL	HUILA	833764,5	802441,1
K 040 + 577	NN	El Tablón	TERUEL	HUILA	833795,7	802702,0
K 041 + 164	NN	El Tablón	TERUEL	HUILA	833917,6	803275,5
K 041 + 489	QuebradaSan Juan o Tablon	El Tablón	TERUEL	HUILA	834000,0	803589,5
K 041 + 761	NN	Pederal	TERUEL	HUILA	834069,0	803852,6

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 041 + 840	NN	Pedernal	TERUEL	HUILA	834089,1	803929,4
K 042 + 094	NN	Pedernal	TERUEL	HUILA	834153,6	804175,3
K 042 + 445	NN	Pedernal	TERUEL	HUILA	834246,6	804513,4
K 042 + 638	NN	Pedernal	TERUEL	HUILA	834299,1	804699,2
K 042 + 706	Quebrada El Oso	Pedernal	TERUEL	HUILA	834317,5	804764,1
K 043 + 487	QuebradaPurgatorio	Los Pinos	PALERMO	HUILA	834530,3	805516,5
K 043 + 861	QuebradaEl Algodonal	Los Pinos	PALERMO	HUILA	834632,0	805876,0
K 044 + 363	QuebradaEl Tigre	Los Pinos	PALERMO	HUILA	834717,7	806368,6
K 044 + 364	NN	Los Pinos	PALERMO	HUILA	834717,8	806369,2
K 044 + 529	NN	El Diamante	PALERMO	HUILA	834731,3	806533,6
K 045 + 159	NN	El Diamante	PALERMO	HUILA	834782,8	807161,5
K 045 + 984	NN	Nilo	PALERMO	HUILA	834767,5	807977,4
K 046 + 149	Quebrada Florida o Volcan	Nilo	PALERMO	HUILA	834729,3	808138,5
K 046 + 416	NN	Nilo	PALERMO	HUILA	834667,7	808398,2
K 046 + 644	Quebrada Pan de Azucar	Nilo	PALERMO	HUILA	834615,1	808620,1
K 046 + 683	QuebradaEl Nilo	Nilo	PALERMO	HUILA	834606,1	808657,9
K 046 + 782	NN	Nilo	PALERMO	HUILA	834583,3	808753,9
K 048 + 554	NN	Moral	PALERMO	HUILA	834167,0	810454,9
K 048 + 692	NN	Moral	PALERMO	HUILA	834099,0	810574,7
K 049 + 469	QuebradaLas Moras	Moral	PALERMO	HUILA	833673,2	811224,6
K 050 + 572	NN	Corozal	PALERMO	HUILA	833043,2	812129,1
K 051 + 790	NN	San Jose	SANTA MARÍA	HUILA	832349,9	813131,3
K 052 + 536	NN	Divino Niño	SANTA MARÍA	HUILA	831929,8	813748,0
K 053 + 396	NN	Divino Niño	SANTA MARÍA	HUILA	831484,2	814480,3
K 053 + 593	NN	Divino Niño	SANTA MARÍA	HUILA	831400,2	814658,1
K 053 + 783	NN	Divino Niño	SANTA MARÍA	HUILA	831318,9	814830,1
K 053 + 873	NN	Divino Niño	SANTA MARÍA	HUILA	831280,4	814911,6
K 054 + 191	NN	Divino Niño	SANTA MARÍA	HUILA	831126,6	815189,9
K 054 + 568	NN	Divino Niño	SANTA MARÍA	HUILA	830937,9	815515,6
K 054 + 698	Quebrada El Oso	El Censo	SANTA MARÍA	HUILA	830872,5	815628,5
K 054 + 978	NN	El Censo	SANTA MARÍA	HUILA	830732,2	815870,8
K 055 + 441	NN	El Vergel	SANTA	HUILA	830499,5	816271,3

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
			MARÍA			
K 056 + 494	RÍO EL CARMEN	El Vergel	SANTA MARÍA	HUILA	829923,5	817172,5
K 056 + 528	RÍO EL CARMEN	El Vergel	SANTA MARÍA	HUILA	829923,5	817172,5
K 057 + 829	Quebrada San Isidro	Santa Lucia	SANTA MARÍA	HUILA	828936,6	817870,3
K 058 + 155	Quebrada El Encanto	El Encanto	SANTA MARÍA	HUILA	828616,4	817928,1
K 058 + 914	NN	El Encanto	SANTA MARÍA	HUILA	827871,2	818073,1
K 059 + 867	NN	Los Pinos	SANTA MARÍA	HUILA	826950,6	818313,3
K 060 + 237	Quebrada La Pizarra	Los Pinos	SANTA MARÍA	HUILA	826597,2	818423,5
K 063 + 834	Quebrada La Trigueña	San Francisco	SANTA MARÍA	HUILA	824583,8	821042,2
K 063 + 973	NN	San Francisco	SANTA MARÍA	HUILA	824570,4	820893,1
K 064 + 084	Quebrada La Trigueña	San Francisco	SANTA MARÍA	HUILA	824583,8	821042,2
K 064 + 411	Quebrada La Trigueña	San Francisco	SANTA MARÍA	HUILA	824583,8	821042,2
K 064 + 814	Quebrada San Pedro	Jerusalen	SANTA MARÍA	HUILA	824691,8	821724,0
K 065 + 563	NN	Jerusalen	SANTA MARÍA	HUILA	824884,2	822530,4
K 065 + 724	NN	Jerusalen	SANTA MARÍA	HUILA	824884,2	822530,4
K 066 + 742	NN	Puerto Tolima	PLANADAS	TOLIMA	825139,3	823599,3
K 067 + 523	Quebrada Santa Bárbara	Puerto Tolima	PLANADAS	TOLIMA	825320,5	824358,8
K 068 + 404	Quebrada Chile	Puerto Tolima	PLANADAS	TOLIMA	825559,8	825203,8
K 069 + 948	Quebrada La Esperanza	Puerto Tolima	PLANADAS	TOLIMA	825997,1	826663,5
K 070 + 682	Quebrada La Estrella	Puerto Tolima	PLANADAS	TOLIMA	826039,4	827397,0
K 072 + 668	NN	Puerto Tolima	PLANADAS	TOLIMA	826153,5	829378,9
K 072 + 974	Río Claro	Puerto Tolima	PLANADAS	TOLIMA	826171,1	829684,3
K 074 + 669	Quebrada La Cristalina	Puerto Tolima	PLANADAS	TOLIMA	825936,0	831291,7
K 076 + 737	Quebrada Corazón Diamante	Río Claro	PLANADAS	TOLIMA	825079,6	833144,3
K 080 + 068	RÍO ATA	El Diamante	PLANADAS	TOLIMA	823779,8	836177,2
K 080 + 100	RÍO ATA	El Diamante	PLANADAS	TOLIMA	823779,8	836177,2
K 081 + 147	Quebrada La Primavera	La Primavera	PLANADAS	TOLIMA	823285,8	837085,8
K 081 + 541	NN	La Primavera	PLANADAS	TOLIMA	823234,4	837476,1
K 084 + 171	Quebrada San joaquin	Oasis Alto	PLANADAS	TOLIMA	822515,3	839991,7
K 084 + 344	NN	San Joaquin Alto	PLANADAS	TOLIMA	822466,3	840157,6
K 084 + 735	NN	San Joaquin Alto	PLANADAS	TOLIMA	822355,7	840531,8

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 085 + 074	NN	San Joaquin Alto	PLANADAS	TOLIMA	822259,6	840857,2
K 085 + 563	NN	San Joaquin Alto	PLANADAS	TOLIMA	822121,1	841325,9
K 085 + 712	NN	San Joaquin Alto	PLANADAS	TOLIMA	822078,8	841468,7
K 086 + 047	NN	El Silencio	PLANADAS	TOLIMA	821946,7	841776,9
K 086 + 275	NN	El Silencio	PLANADAS	TOLIMA	821850,2	841982,6
K 086 + 382	NN	El Silencio	PLANADAS	TOLIMA	821804,7	842079,4
K 086 + 588	NN	El Silencio	PLANADAS	TOLIMA	821717,1	842266,1
K 087 + 221	Quebrada San Gabriel	San Gabriel Alto	PLANADAS	TOLIMA	821448,0	842839,7
K 087 + 594	NN	San Gabriel Alto	PLANADAS	TOLIMA	821289,8	843176,7
K 088 + 243	NN	San Gabriel Alto	PLANADAS	TOLIMA	821059,6	843782,6
K 089 + 011	Quebrada El Encanto	El Paraiso	PLANADAS	TOLIMA	820819,2	844512,1
K 090 + 885	NN	El Paraiso	PLANADAS	TOLIMA	820232,7	846292,0
K 091 + 588	NN	El Paraiso	PLANADAS	TOLIMA	819985,9	846944,6
K 092 + 577	NN	El Paraiso	PLANADAS	TOLIMA	819338,2	847692,1
K 092 + 587	Quebrada Montalvo	El Paraiso	PLANADAS	TOLIMA	819331,8	847699,4
K 094 + 509	NN	Vista Hermosa	PLANADAS	TOLIMA	818073,3	849151,6
K 094 + 958	NN	Vista Hermosa	PLANADAS	TOLIMA	817779,1	849491,1
K 095 + 187	NN	Vista Hermosa	PLANADAS	TOLIMA	817629,1	849664,1
K 095 + 467	NN	Vista Hermosa	PLANADAS	TOLIMA	817445,6	849875,8
K 095 + 793	NN	Vista Hermosa	PLANADAS	TOLIMA	817232,3	850122,1
K 097 + 110	NN	Cristalina	PLANADAS	TOLIMA	816203,5	850894,7
K 097 + 370	Quebrada Cristalina	Cristalina	PLANADAS	TOLIMA	815966,6	851002,4
K 099 + 630	Quebrada Matanza	El Castillo	PLANADAS	TOLIMA	813804,9	851222,3
K 100 + 458	NN	El Castillo	PLANADAS	TOLIMA	812980,9	851137,5
K 100 + 882	NN	El Castillo	PLANADAS	TOLIMA	812560,7	851145,6
K 100 + 914	NN	El Castillo	PLANADAS	TOLIMA	812528,9	851150,4
K 101 + 351	NN	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	812097,0	851215,8
K 101 + 977	Río Siquila	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	811477,9	851309,5
K 102 + 352	NN	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	811106,8	851365,7
K 103 + 091	NN	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	810451,2	851657,0
K 103 + 436	NN	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	810173,8	851862,0
K 103 + 642	NN	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	810008,2	851984,5
K 103 + 752	NN	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	809919,7	852049,9

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 103 + 987	NN	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	809730,8	852189,5
K 104 + 237	NN	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	809529,6	852338,3
K 104 + 470	NN	Siquila	PLANADAS	TOLIMA	809342,7	852476,4
K 104 + 769	NN	La Libertad	PLANADAS	TOLIMA	809102,4	852654,1
K 105 + 012	NN	La Libertad	PLANADAS	TOLIMA	808890,0	852743,8
K 105 + 485	NN	Patagonia	PLANADAS	TOLIMA	808417,9	852716,2
K 105 + 899	NN	Patagonia	PLANADAS	TOLIMA	808004,6	852692,1
K 106 + 226	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	807678,3	852673,1
K 106 + 468	Quebrada Patagonia	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	807436,4	852659,0
K 106 + 599	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	807306,1	852651,3
K 106 + 897	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	806983,5	852702,5
K 106 + 977	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	806983,5	852702,5
K 107 + 061	Quebrada barranquillita	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	806872,8	852758,2
K 107 + 076	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	806859,4	852765,0
K 107 + 213	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	806736,7	852826,8
K 107 + 282	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	806675,4	852857,6
K 107 + 343	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	806620,9	852885,1
K 107 + 823	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	806204,8	853125,0
K 108 + 206	Quebrada Santa Rosa	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	805875,7	853320,4
K 108 + 355	NN	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	805747,5	853396,5
K 108 + 446	RÍO SALDAÑA	Santa Rosa	PLANADAS	TOLIMA	805657,8	853449,7
K 108 + 473	RÍO SALDAÑA	Los Cristales	RIOBLANCO	TOLIMA	805657,8	853449,7
K 108 + 753	NN	Los Cristales	RIOBLANCO	TOLIMA	805365,1	853623,4
K 108 + 846	NN	Los Cristales	RIOBLANCO	TOLIMA	805365,1	853623,4
K 109 + 255	NN	Los Cristales	RIOBLANCO	TOLIMA	804970,2	853849,8
K 109 + 549	NN	Los Cristales	RIOBLANCO	TOLIMA	804710,3	853986,2
K 109 + 613	RÍO HEREJE	Los Cristales	RIOBLANCO	TOLIMA	802554,6	854459,2
K 109 + 651	RÍO HEREJE	Los Cristales	RIOBLANCO	TOLIMA	802554,6	854459,2
K 110 + 627	NN	Las Mercedes	RIOBLANCO	TOLIMA	803755,1	854487,5
K 110 + 904	RÍO HEREJE	Las Mercedes	RIOBLANCO	TOLIMA	802554,6	854459,2
K 110 + 935	RÍO HEREJE	Las Mercedes	RIOBLANCO	TOLIMA	802554,6	854459,2
K 111 + 385	NN	Campo Hermoso	RIOBLANCO	TOLIMA	803017,9	854622,9
K 112 + 008	NN	Campo Hermoso	RIOBLANCO	TOLIMA	802398,4	854690,4

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 112 + 625	Quebrada La Secreta	Campo Hermoso	RIOBLANCO	TOLIMA	801785,2	854757,3
K 113 + 086	NN	Campo Hermoso	RIOBLANCO	TOLIMA	801326,7	854807,3
K 113 + 481	NN	Campo Hermoso	RIOBLANCO	TOLIMA	800934,0	854850,1
K 113 + 657	NN	Campo Hermoso	RIOBLANCO	TOLIMA	800759,4	854869,2
K 113 + 891	RÍO HEREJE	Las Mercedes	RIOBLANCO	TOLIMA	802554,6	854459,2
K 113 + 962	RÍO HEREJE	Las Mercedes	RIOBLANCO	TOLIMA	802554,6	854459,2
K 114 + 840	Quebrada Honda	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	799586,1	855016,1
K 115 + 492	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	798942,4	855121,5
K 115 + 534	Quebrada El Quebradón	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	798901,3	855128,2
K 117 + 094	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	797352,4	855268,6
K 117 + 571	Quebrada Las Delicias	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	796875,9	855266,3
K 117 + 973	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	796473,3	855264,3
K 118 + 748	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	795705,6	855324,0
K 118 + 981	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	795478,2	855375,7
K 119 + 220	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	795245,5	855428,5
K 119 + 666	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	794811,8	855531,5
K 120 + 157	Quebrada El Venao	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	794336,0	855652,7
K 120 + 385	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	794115,3	855709,0
K 121 + 444	Quebrada Albannia	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	793092,0	855985,1
K 122 + 082	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	792475,9	856150,5
K 122 + 224	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	792339,4	856186,7
K 122 + 321	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	792245,0	856211,8
K 122 + 572	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	792002,7	856276,0
K 122 + 920	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	791666,6	856365,2
K 123 + 093	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	791498,8	856409,7
K 123 + 786	Quebrada Bejuquero	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	790837,5	856605,8
K 124 + 205	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	790479,6	856823,8
K 124 + 469	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	790254,1	856961,1
K 124 + 639	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	790108,4	857049,9
K 124 + 767	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	789999,5	857116,2
K 124 + 811	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	789961,8	857139,2
K 125 + 011	Quebrada El Purgatorio	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	789791,1	857243,2
K 125 + 161	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	789662,9	857321,2

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 125 + 860	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	789043,7	857644,0
K 126 + 074	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	788851,4	857739,5
K 126 + 490	Quebrada El Triunfo	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	788479,5	857924,1
K 127 + 185	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	787857,0	858233,3
K 127 + 446	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	787622,6	858349,7
K 127 + 662	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	787429,5	858445,5
K 127 + 676	Quebrada El Auxilio	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	787416,6	858452,0
K 127 + 755	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	787346,1	858487,0
K 128 + 518	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	786665,5	858831,9
K 128 + 809	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	786407,5	858965,2
K 130 + 816	Quebrada La Soledad	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	785227,9	860448,0
K 132 + 955	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	783644,9	861860,6
K 132 + 957	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	783644,9	861860,6
K 133 + 066	Quebrada El Asalto	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	783555,8	861925,7
K 133 + 439	NN	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	783255,2	862145,1
K 135 + 002	Quebrada Las Arrugas	Territorios Nacionales	RIOBLANCO	TOLIMA	782050,3	863140,2
K 137 + 255	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	780634,2	865043,8
K 137 + 572	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	780634,2	865043,8
K 138 + 904	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	779880,9	866326,7
K 139 + 757	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	779373,4	867011,5
K 141 + 449	Quebrada Mendoza	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	778585,3	868488,4
K 141 + 657	Quebrada Cansa Perros	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	778514,7	868684,2
K 142 + 587	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	778083,5	869491,3
K 142 + 742	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	777981,2	869607,2
K 142 + 975	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	777827,2	869781,9
K 143 + 496	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	777482,4	870172,8
K 144 + 864	Quebrada El Silencio	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	776655,2	871258,7
K 146 + 518	Quebrada La Elvira	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	775398,9	872053,5
K 146 + 817	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	775100,3	872070,1
K 147 + 548	NN	Bolo Azul	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	774370,4	872110,8
K 149 + 321	NN	Bolo Blanco	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	772654,3	872437,7

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 149 + 938	Rio Bolo Blanco	Bolo Blanco	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	772087,3	872681,7
K 152 + 013	Quebrada Maltina	El Retiro	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	770115,2	872690,1
K 152 + 753	NN	El Retiro	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	769397,3	872511,6
K 153 + 098	NN	El Retiro	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	769062,6	872428,4
K 153 + 228	NN	El Retiro	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	768936,1	872396,9
K 154 + 245	Quebrada Los Negros	La Carbonera	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	767941,6	872185,4
K 155 + 414	Quebrada El Tamboral	La Carbonera	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	766807,2	871904,7
K 155 + 739	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	766494,7	871816,5
K 155 + 937	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	766303,9	871762,7
K 156 + 008	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	766235,6	871743,4
K 157 + 558	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	765036,8	870774,2
K 157 + 724	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	764909,8	870666,3
K 157 + 904	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	764773,2	870550,2
K 158 + 120	Quebrada Salsipuedes	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	764608,6	870410,3
K 158 + 681	Quebrada Salsipuedes	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	764180,8	870046,9
K 158 + 801	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	764089,2	869969,1
K 159 + 163	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	763708,2	869683,1
K 159 + 393	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	763708,2	869683,1
K 159 + 922	NN	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	763176,2	869302,4
K 159 + 922	Rio Bolo	Potrerito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	763176,2	869302,4
K 159 + 942	NN	Lomitas	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	763176,2	869302,4
K 159 + 942	Rio Bolo	Lomitas	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	763176,2	869302,4
K 160 + 139	NN	Lomitas	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	763007,9	869182,0
K 161 + 300	Zanjon Guabina	la Granja	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	762254,0	868365,1
K 161 + 579	NN	la Granja	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	762163,9	868100,6
K 163 + 082	Quebrada Salsipuedes	la Granja	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	761679,4	866678,5
K 163 + 686	Quebrada La Alacranera	El Recreo	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	761484,5	866106,4
K 164 + 529	Quebrada la Fría	Vallecito	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	761212,6	865308,2
K 165 + 070	NN	Parraga	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	761038,1	864795,9

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 165 + 202	Río Parraga	Parraga	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	760991,3	864658,5
K 165 + 229	Río Parraga	Parraga	PRADERA	VALLE DEL CAUCA	760991,3	864658,5
K 166 + 646	NN	Corregimiento La Diana	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	760422,3	863368,5
K 167 + 020	NN	Corregimiento La Diana	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	760169,2	863093,5
K 167 + 359	NN	Corregimiento La Diana	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	759939,7	862844,1
K 167 + 480	NN	Corregimiento La Diana	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	759857,3	862754,6
K 167 + 556	NN	Corregimiento La Diana	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	759775,8	862666,1
K 167 + 645	NN	Corregimiento La Diana	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	759775,8	862666,1
K 169 + 449	Zanjon El Limon	Corregimiento La Diana	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	758523,9	861305,9
K 170 + 236	NN	Corregimiento San Antonio de los Caballeros	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	757991,1	860727,1
K 170 + 544	Río Fraile	Corregimiento San Antonio de los Caballeros	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	757782,4	860500,3
K 171 + 467	Acequia	Balsilla	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	757131,0	859870,7
K 171 + 922	Acequia	Balsilla	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	756682,1	859791,1
K 173 + 819	Río Las Cañas	Cañas Abajo	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	754814,5	859459,8
K 174 + 536	NN	Cañas Abajo	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	753960,4	859308,3
K 174 + 837	NN	Cañales	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	753960,4	859308,3
K 175 + 166	NN	Cañales	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	753488,3	859223,8
K 175 + 199	NN	Cañales	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	753455,6	859217,9
K 176 + 745	NN	Cañales	FLORIDA	VALLE DEL CAUCA	752001,0	859678,0
K 182 + 348	NN	Las Cuarenta	CANDELARIA	VALLE DEL CAUCA	746740,5	861398,5
K 187 + 626	NN	Tiple Arriba	CANDELARIA	VALLE DEL CAUCA	741651,9	862787,0
K 189 + 529	NN	Cuchipe	CANDELARIA	VALLE DEL CAUCA	739800,2	863224,8
K 189 + 826	NN	Cuchipe	CANDELARIA	VALLE DEL CAUCA	739511,1	863293,2
K 191 + 647	NN	Corregimiento San Joaquin	CANDELARIA	VALLE DEL CAUCA	737738,8	863712,3
K 192 + 023	NN	Corregimiento San Joaquin	CANDELARIA	VALLE DEL CAUCA	737368,1	863738,9
K 192 + 491	NN	Corregimiento San Joaquin	CANDELARIA	VALLE DEL CAUCA	736901,3	863707,0
K 194 + 618	RÍO CAUCA	Tiple Abajo	CANDELARIA	VALLE DEL CAUCA	734756,3	863473,6
K 194 + 689	RÍO CAUCA	Morga	CALI	VALLE DEL CAUCA	734756,3	863473,6
K 194 + 710	NN	Morga	CALI	VALLE DEL CAUCA	734700,5	863461,7

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto.	Este	Norte
K 194 + 894	NN	Morga	CALI	VALLE DEL CAUCA	734521,6	863419,3
K 196 + 311	Caño El Estero	Morga	CALI	VALLE DEL CAUCA	733128,1	863130,5
K 196 + 361	Caño El Estero	Morga	CALI	VALLE DEL CAUCA	733128,1	863130,5
K 197 + 299	NN	Morga	CALI	VALLE DEL CAUCA	732184,3	862938,7
K 197 + 607	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	CALI	VALLE DEL CAUCA	731882,2	862877,3
K 197 + 991	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	CALI	VALLE DEL CAUCA	731505,7	862800,8
K 198 + 328	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	CALI	VALLE DEL CAUCA	731214,0	862900,7
K 198 + 581	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	CALI	VALLE DEL CAUCA	731123,7	863136,6
K 198 + 831	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	CALI	VALLE DEL CAUCA	731052,3	863373,2
K 199 + 314	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	CALI	VALLE DEL CAUCA	731085,4	863854,6
K 199 + 857	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	CALI	VALLE DEL CAUCA	731029,0	864390,9

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014.

### 3.2.4 Calidad del Agua

#### 3.2.4.1 Fuentes contaminantes

La identificación de las fuentes contaminantes del recurso hídrico en el área de estudio del proyecto se realizó durante los días 20 de marzo al 5 de abril de 2013 y del 2 al 4 de octubre del mismo año. Se encontraron 27 puntos de descargas de aguas residuales, de las cuales 1 se ubicó en el área de influencia directa, 21 puntos se ubicaron en el área de influencia indirecta y 5 puntos en la zona del resguardo Las Mercedes.

El origen de los vertimientos identificados proviene principalmente de actividades domésticas, adicionalmente se encontraron vertimientos de origen agrícola, pecuario e industrial, en la Tabla 101 se presenta el detalle del inventario de fuentes contaminantes levantado en campo.

Cabe aclarar que en el Municipio de Pradera el inventario de fuentes contaminantes de agua no fue realizado debido a la situación de orden público de la zona, toda vez que fue restringido el acceso a predios.

**Tabla 101 Inventario de fuentes contaminantes en el área de estudio.**

Área	Departamento	Municipio	Vereda	Corriente hídrica	Usuario	No. de Usuarios	Uso	Q L/sg	Coordenadas	
									X	Y
Indirecta	Huila	Santa María	El Vergel	Río Bache	Leonel Quique	4	Doméstico	0.02	829941	817349
	Huila	Santa María	El Vergel	Río Bache	Sede Colegio Santa Juana	25	Educativo	0.05	830345	739864
	Huila	Santa María	Santa Lucía	Quebrada San Isidro	Deiro Flor	2	Doméstico	0.02	828837	817706
	Huila	Santa María	Jerusalén	Quebrada San Pedro	Doris Stella Bobadilla	4	Doméstico	0.01	824625	821817
	Tolima	Río Blanco	Campo Hermoso	Río Hereje	Heberto Ramirez	4	Doméstico Agropecuario	0.03	989892	10170830
	Huila	Santa María	El Vergel	Río Bache	Ediberto Quique Rodriguez	5	Doméstico	0.02	830437	817254
	Tolima	Planadas		Quebrada Santa Bárbara	NN	40	Pecuario (Ganadería)	0.2	825240	824378,
	Tolima	Planadas		Charco Azul	Ramiro Díaz	40	Recreativo (Centro recreativo)	20	823704	835873
	Tolima	Río Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Mosel Sabogal	2	Doméstico Pecuario	0.01	788838	857338
Indirecta	Tolima	Río Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Asoseas - Miller Ramíres	2	Doméstico Pecuario Industrial (truchera)	0.03	788957	857545
	Tolima	Río Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Familia Luis Tique	3	Doméstico Pecuario	0.01	791575	856105
	Tolima	Río Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Finca La Campiña	4	Doméstico Pecuario	0.01	792324	855975
	Tolima	Río Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Finca El Venao	3	Doméstico Pecuario	0.05	795214	854993

Área	Departamento	Municipio	Vereda	Corriente hídrica	Usuario	No. de Usuarios	Uso	Q L/sg	Coordenadas	
	Tolima	Rio Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Finca Las Delicias	4	Doméstico Agrícola Pecuario	0	796914	854903
	Tolima	Rio Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Finca El Quebradón	4	Doméstico Agrícola Pecuario	0	798832	854771
	Tolima	Rio Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Finca El Edén	3	Doméstico Pecuario	0	799844	854618
	Tolima	Rio Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Finca La Holanda 1	4	Doméstico Pecuario	0.1	800017	854627,
<b>Directa</b>	Tolima	Rio Blanco	Campo Hermoso	Río Hereje	Finca La Holanda 2	4	Doméstico Agrícola Pecuario	1	800572	854901,
<b>Resguardo Las Mercedes</b>	Tolima	Rio Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Familia de Vorvey Noscue	4	Doméstico Agrícola	0.01	800992	855730
	Tolima	Rio Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Familia de Marco Antonio Isaza	6	Doméstico Agrícola	0.01	800843	855772
	Tolima	Rio Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Familia de José antonio Osnas	3	Doméstico Agrícola	0.01	800967	855726
	Tolima	Rio Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Familia de Angel María Dagua	7	Doméstico Agrícola	0.01	800923	855738
	Tolima	Rio Blanco	Las Mercedes	Río Hereje	Comunidad Indígena de Las Mercedes	152	Doméstico Agrícola	0.07	801827	855768

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.4.2 Caracterización fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica

- **Normas de referencia**

En el desarrollo del EIA del proyecto "línea de transmisión tesalia-alférez 230 kv y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 - 2009"; se adelantaron muestreos físico-químico, bacteriológicos e hidrobiológicos con el fin de establecer el estado ecológico de los cuerpos de agua ubicados en la área de influencia del proyecto, además de comparar los resultados obtenidos en el monitoreo con los límites establecidos en el decreto 1594 del 1984 emitido por el Ministerio de Agricultura, por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos basándose en los términos de referencia estipulados por el Ministerio Del Medio Ambiente LI-TER-1-01 relacionados a Tendidos de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kV. Los valores de referencia para comparar los resultados del monitoreo del agua superficial, son los límites establecidos en el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura, para parámetros físicos, químicos y Bacteriológicos, estos valores se relacionan en la Tabla 102.

**Tabla 102 Valores de referencia para uso del agua.**

Análisis	Decreto 1594/84					
	Art. 38	Art. 39	Art. 40	Art. 41	Art. 45	Art. 74
Aceites y grasas	s.p.v	s.p.v	N.E	N.E	0,01	N.E
Acidez	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad total	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Aluminio total	N.E	N.E	5,0	5,0	N.E	N.E
Arsénico	0,05	0,05	0,1	0,2	0,1	0,5
Bario total	1,0	1,0	N.E	N.E	0,1	5,0
Berilio	N.E	N.E	0,1	N.E	0,1	N.E
Bicarbonatos	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio total	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,1
Calcio total	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Carbonato de sodio residual	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Carbono orgánico total	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Caudal	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cianuros	0,2	0,2	N.E	N.E	0,05	1,0
Cloruros	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Cobalto	N.E	N.E	0,05	N.E	N.E	N.E
Cobre	1,0	1,0	0,2	0,5	0,1	3,0
Coliformes fecales	2000	N.E	1000	N.E	N.E	N.E
Coliformes totales	20000	1000	5000	N.E	N.E	N.E
Color	75,0	20,0	N.E	N.E	N.E	N.E
Compuestos fenólicos	0,002	0,002	N.E	N.E	1,0	0,2
Conductividad	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Demanda química de oxígeno (DQO)	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Diclororetileno	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	1,0
Difenilpoliclorados	N.D	N.D	N.E	N.E	N.E	N.E
Dureza Total	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

Análisis	Decreto 1594/84					
Fosforo orgánico	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fosforo total	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
HAPs	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Hidrocarburos totales	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Hierro	N.E	N.E	5,0	N.E	0,1	N.E
Litio	N.E	N.E	2,5	N.E	N.E	N.E
Magnesio	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Manganeso	N.E	N.E	0,2	N.E	0,1	N.E
Material flotante	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio total	0,002	0,002	N.E	0,01	0,01	0,02
Molibdeno	N.E	N.E	0,01	N.E	N.E	N.E
Níquel total	N.E	N.E	0,2	N.E	0,01	2,0
Nitratos	10,0	10,0	N.E	100	N.E	N.E
Nitritos	10,0	10,0	N.E	10,0	N.E	N.E
Nitrógeno amoniacal	N.E	N.E	N.E	N.E	0,1	N.E
Fosfatos	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno disuelto	N.E	N.E	N.E	N.E	5,0	N.E
pH	5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0	N.E	6,5-9,0	N.E
Plaguicidas organofosforados, organoclorados y carbamatos	N.E	N.E	N.E	N.E	0,001-0,05	0,05-0,1
Plata	0,05	0,05	N.E	N.E	0,01	0,5
Plomo total	0,05	0,05	5,0	0,1	0,01	0,5
Potasio	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
PSP	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
RAS	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Salinidad Efectiva	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Salinidad potencial	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio	0,01	0,01	0,02	N.E	0,01	0,5
Sodio total	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos disueltos totales	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos suspendidos totales	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos totales	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfuro de carbono	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	1
Temperatura (In Situ)	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Tensoactivos	0,5	0,5	N.E	N.E	0,143	N.E
Tricloroetileno	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	1
Turbiedad	N.E	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Vanadio	N.E	N.E	0,1	N.E	N.E	N.E
Zinc	15,0	15,0	2,0	25,0	0,01	N.E

NE (NO ESTABLECIDO), SPV (SI PELICULA VISIBLE).

Fuente: Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura

### • Metodología parámetros físicos y químicos

El control para el aseguramiento de la calidad de los resultados se hace en todas las etapas del proceso, y se inicia desde la programación del servicio, control y mantenimiento de los equipos, trabajos de campo, resultados de laboratorio y elaboración de informe técnico.

Los monitoreos físico-químicos, bacteriológicos e hidrobiológicos se llevaron a cabo en diferentes jornadas mediante tomas de muestras puntuales de los cuerpos superficiales y subterráneos establecidos.

Dichos muestreos se realizaron entre tres etapas la primera del 27 de julio y el 12 de agosto de 2013 en los Departamentos del Huila y Tolima, la segunda etapa se realizó entre el 30 de noviembre de 2013 y el 14 de enero de 2014 en el Reguardo Las Mercedes y la tercera etapa se desarrolló durante los días 05, 06 y 07 de junio de 2014 en el Departamento del Valle del Cauca, días en los cuales predominó tiempo seco. Lo anterior de acuerdo al Plan de Muestreo de C.I.M.A., ver anexo C-05 calidad de agua.

Muestreos realizados siguiendo los procedimientos estipulados en el Manual de métodos de Limnología. Asociación Colombiana de Limnología ACL Limnos (2012), el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed. 21, y en los textos de la APHA-AWWA-WPCF (American Public Health Association, AWWA (American Water Works Association y WPCF (Water Pollution Control Federation), Standard Methods Edición 21 (2005).

En cada punto se realizó caracterización física, química, bacteriológica e hidrobiológica correspondientes a los seis diferentes parámetros (Perifiton, Fitoplancton, Zooplancton, Bentos, Macrófitas y Fauna Íctica).

**Parámetros *In situ*:** Temperatura, pH, Conductividad, Sólidos Disueltos totales, Oxígeno disuelto, caudal.

**Parámetros analizados en laboratorio externo:** Sólidos Suspendidos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, Turbidez, Color, DQO, DBO, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Fósforo Total, Fósforo orgánico, Fósforo inorgánico Fosfatos, Potasio, Nitrógeno Total, Nitritos, Nitratos, Nitrógeno Amoniacal, Alcalinidad, Acidez, Hierro Total, Plomo, Mercurio, Cadmio, Arsénico, Selenio, Zinc, Cobre, Vanadio, Níquel, Plata, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Grasas y aceites.

A continuación en la Tabla 103 se presentan los métodos utilizados para el análisis de cada uno de los parámetros analizados.

**Tabla 103 Métodos Parámetros evaluados.**

Análisis	Unidad	Método Analítico
<b>Alcalinidad</b>	mg/L	SM 2320 B
<b>Acidez Total</b>	Mg/L	SM 2310 B
<b>Bicarbonatos</b>	Mg/L	SM 2320 B
<b>Aluminio total</b>	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3111 D
<b>Arsénico total</b>	mg/L	EPA 7062 / SM 3114 C
<b>Cobre</b>	Mg/L	SM 3030 E - SM 3111 B
<b>Cadmio total</b>	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3111 B
<b>Calcio total</b>	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3111 B
<b>Cloruros</b>	mg/L	SM 4500 Cl B
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100mL	SM 9223
<b>Coliformes totales</b>	NMP/100mL	SM 9223
<b>Color</b>	mg/L	SM 2120 C
<b>Conductividad (<i>In Situ</i>)</b>	uS/cm	SM 2510 B
<b>Fósforo inorganico</b>	Mg/L	SM 4500- PB - SM 4500 P E

Análisis	Unidad	Método Analítico
Fosforo organico	Mg/L	SM 4500- PB - SM 4500 P E
Fosfatos	Mg/L	SM- 4500-P E
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg/L	SM 5210 B / ASTM 888-09 MC
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/L	SM 5220 D
Dureza total	mg/L	SM 2340 C
Fluoruros	mg/L	SM 4500 F C
Fosforo total	mg/L	SM 4500 P E
Grasas y Aceites	mg/L	NTC 3362: 2005-06-29 N4 MC
Hierro total	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3111 B
Magnesio	mg/L	SM 3111 B
Mercurio total	mg/L	SM 3112 B
Níquel total	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3111 B
Nitrogeno total	Mg/L	SM 4500-NORG C SM 4500 NH3C
Nitrogeno Amoniacal	Mg/L	SM 4500-NORG C SM 4500 NH3C
Nitritos	Mg/L	SM 4500 NH3 C
Nitratos	Mg/L	SM 4500 NH3 C
Oxígeno disuelto ( <i>In Situ</i> )	mg/L	SM 4500 O C
pH ( <i>In Situ</i> )	Unidad	SM 4500 H+ B
Plata total	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3111 B
Plomo total	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3111 B
Potasio total	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3500 K B
Selenio total	mg/L	EPA 7742 / SM 3114 C
Sólidos disueltos totales	mg/L	SM 2540 C
Sólidos suspendidos totales	mg/L	SM 2540 D
Solidos Sedimentables	ml/L-h	SM 2540 F
Solidos Totales	Mg/L	SM 2540 B
Sodio	Mg/L	SM 3111 B
Sulfatos	mg/L	SM 4500 SO4 E
Temperatura ( <i>In Situ</i> )	°C	SM 2550 B
Turbidez	NTU	SM 2130 B
Vanadio	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3111 D
Zinc	mg/L	SM 3030 E MOD / SM 3111 B

Fuente: standard methods.

Con relación a la metodología utilizada para la caracterización hidrobiológica, ésta se presenta en detalle en el numeral 3.3.2 Ecosistemas Acuáticos.

- **Equipos utilizados**

En la Tabla 104 y Tabla 105 se puede ver el listado de los equipos más importantes utilizados durante el monitoreo.

**Tabla 104 Equipos utilizados durante el monitoreo.**

Equipo	Código interno	Serial
Hach Sension 156	AG-014-EM	09120C292130
GPS	AP-020-EM	169067463
ECOSONDA	AP-096-EM	2AG003200
MOLINETE	AG_095_EM	1104108391

Equipo	Código interno	Serial
MICROMOLINETE	AG_094_EM	1104108392

Fuente: CIMA.

En la Tabla 105 se puede ver el listado de los equipos más importantes utilizados durante el monitoreo realizado para el corregimiento Herrera-Paramo de las Hermosas.

### Tabla 105 Equipos utilizados durante el monitoreo realizado en el Resguardo Las Mercedes.

Equipo	Código interno	Serial
HACH SENSION 156	AG-014-EM	09120C292130
GPS	AP_071_EM	79138757
CAMARA FOTOGRÁFICA.	AP_072_EA	A2D7C9AC7022C2P
RED FITOPLANCTON	AG_082_EA	BKF11080201
RED ZOOPLANCTON	AG_084_EA	BKZ11080201
RED SURBER	AG_056_EA	BKF11080201

Fuente: CIMA.

Para cada muestra de agua se toman los parámetros *In situ*, pH, temperatura, y conductividad, mediante un equipo Hach Sension 156 (ver Tabla 106)

### Tabla 106 Características Generales Equipo Hach Sension 156

Características generales del equipo				
	Hach sension 156			
	RANGO	pH	-200 a 19999 Mv	
		Conductividad	0 a 199.9 mS/cm	
		TDS	0 a 50000 mg/L	
		Temperatura	-10 a 110°C	
		Oxígeno Disuelto	0 a 20.0 mg/L	
	RESOLUCIÓN	pH	0.1/0.01/0.001 (seleccionable)	
		Conductividad	0.1 Ms	
		TDS	3 dígitos significativos	
		Temperatura	0.1°C	
		Oxígeno Disuelto	0.1 o 00.01; 0.1% de saturación	
	PRECISIÓN	pH	± 0,002	
		Conductividad	± 0,5% en los 3 primeros de cada uno; 1,0% en el rango más alto	
		TDS	± 0,5% del fondo de escala	
		Temperatura	± 0,3 ° C a 0 - 70 ° C	
		Oxígeno Disuelto	± 1% de escala completa	

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

- **Estaciones de Muestreo**

En la tabla 7 se presenta la georreferenciación de las fuentes hídricas superficiales estudiadas, las coordenadas se reportan en geográficas y planas con datum WGS84, y

corresponden al punto exacto que se definió como captación, los muestreos se realizaron 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas debajo de estos puntos.

**Tabla 107 Estaciones de muestreo Agua superficial**

Punto de muestreo	Altitud	Coordenadas geográficas		Coordenadas Planas	
	m.s.n.m.	Este	Norte	Este	Norte
RIO IQUIRA	797	75°36'31"	2°39'46.3"	1163745,025	785994,191
QUEBRADA PEDERNAL	1312	75°34'38.00"	2°47'55.5"	1167217,991	801029,916
QUEBRADA EL NILO	1167	75°34'3.2"	2°52'00.9"	1168283,375	808571,681
RIO BACHE	1416	75°36'29.6"	2°56'25.5"	1163749,705	816695,982
RIO CLARO ALT (2)	2287	75 38 26.5	3°3'21.5"	1160121,522	829473,278
QUEBRADA MONTALVO	2180	75°43'0.4"	3°13'11.7"	1151637,420	847596,164
RIO SIQUILA	1589	75°45'26.8"	3°15'37.4"	1147110,258	852066,781
RIO HEREJE	1783	75°51'2.9"	3°16'54.87"	1136728,153	854433,774
QUEBRADA EL BEJUQUERO	2880	75°57'36.2"	3°17'49.3"	1124581,397	856091,723
QUEBRADA EL TRIUNFO	3116	75°58'48.3"	3°18'29.60"	1122353,704	857327,341
<b>RESGUARDO LAS MERCEDES (HERRERA-PARAMO DE LAS HERMOSAS)</b>					
QUEBRADA EL PURGATORIO	3116	75°58'06.1"	3°18'30.6"	1123656,716	857359,516
QUEBRADA LA ALBANIA 1	2761	75°56'41.6"	3°17'32.7"	1126267,942	855583,640
QUEBRADA EL VENA 1	2595	75°55'39.8"	3°17'12.2"	1128176,977	854956,015
QUEBRADA LA AMARILLITA	2440	75°55'00.5"	3°17'6.1"	1129390,743	854770,013
LAGUNA PATIO BONITO	4142	76°03'15.1"	3°19'53.3"	1114112,936	859889,893
QUEBRADA EL QUEBRADON	1581	75°53'11.5"	3°17'04.0"	1132756,657	854721,754
QUEBRADA LA HONDA	2108	75°52'50.3"	3°17'00.6"	1133411,444	854605,790
ARROYO LA HOLANDA 1	1986	75°52'10.8"	3°16'46.5"	1134631,717	854174,062
QUEBRADA LA REPRESA	1887	75°52'12.2"	3°17'25.7"	1134587,026	855378,363
<b>PRADERA Y FLORIDA</b>					
Captación 100 m aguas arriba Quebrada Oriente	2833	76° 4'51.34"	3°24'3.39"	1110750,301	867885,771
Captación campamento Quebrada Oriente	2828	76° 4'51.16"	3°24'4.17"	1110755,834	867909,739
Captación 100 m aguas abajo Quebrada Oriente	2823	76° 4'51.14"	3°24'4.35"	1110756,445	867915,269
Quebrada el Nogal	1503	76° 9'54.19"	3°25'15.95"	1101398,521	870105,577
Quebrada Párraga	1107	76°15'48.61"	3°20'57.67"	1090463,932	862161,572
Quebrada Salsipuedes	1025	76°13'4.30"	3°23'23.67"	1095532,704	866650,962
Río Bolo	1203	76°12'19.89"	3°24'43.69"	1096901,503	869110,379

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la tabla 8 se muestra la georreferenciación de las fuentes hídricas subterráneas estudiadas para el resguardo las Mercedes (corregimiento herrera-paramo de las hermosas), las coordenadas se reportan en geográficas y planas con datum WGS84, y corresponden al punto exacto de muestreo sobre la fuente hídrica.

**Tabla 108 Estaciones de muestreo Agua subterránea .**

Punto de muestreo	Altitud	Coordenadas geográficas		Coordenadas Planas	
	m.s.n.m.	Este	Norte	Este	Norte
SUBTERRÁNEA 1	2803	75°57'03.8"	3°17'39.7"	1125582,192	855797,918
SUBTERRÁNEA 2	1992	75°52'08.0"	3°16'56.7"	1134693,097	854487,515
SUBTERRÁNEA 3	2331	75°53'54.24"	3° 17' 4.70"	1131436.857	854729.403
SUBTERRÁNEA 4	2766	75°56'37.5"	3°17'34.2"	1126394,492	855629,868
NACIMIENTO TORRE 94	2144	75°34'38.31"	2°53'33.93"	833235,096	811745,261
NACIMIENTO TORRE 63	1251	75°35'27.15"	2°44'7.84"	831703.79	794353.18

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

- **Procedimiento para muestreo, preservación y análisis de muestras.**

Se inició con la preparación del material para la toma y transporte de muestras (frascos, bolsas de seguridad, neveras, cuadrantes, red surber para bentos, baldes plásticos entre otros), así como de los reactivos (soluciones Formol, Lugol, Alcohol, Transeu) .

Las muestras se toman en forma puntual y realizando la medición de parámetros In-situ, como: hora, pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, siguiendo los procedimientos tomados de los standards methods y acreditados ante el IDEAM.

Las muestras fueron rotuladas, refrigeradas y enviadas vía terrestre para su posterior análisis, siguiendo los procedimientos internos PT-019 (GESTION DE MUESTRAS) y PT-039 (PROCEDIMIENTO DE RECEPCIÓN E INGRESO DE MUESTRAS A LOS LABORATORIOS DE CALIDAD DEL AIRE E HIDROBIOLOGIA).

En la Tabla 109 se relacionan los parámetros analizados, juntos con el tipo de recipiente, capacidad y presevantes, de acuerdo con el “Standard Methods for examination of wáter and wastewater. 21st edition. 2005”.

**Tabla 109 Requerimientos de manipulación Preservación de la muestra.**

Análisis	Preservación	Tiempo max de conservación.	Envase	Min. Cantidad (ml)
Alcalinidad	Refrigerar	14 d	PV	200
Acidez Total	Refrigerar	14 d	PV	100
Bicarbonatos	Refrigerar	14 d	PV	1000
Aluminio total	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000
Arsénico total	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000
Cobre	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000
Cadmio total	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000
Calcio total	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000
Cloruros	Ninguno	28 dias	PV	200
Coliformes fecales	0,2mL Tiosulfato 3% Refrigerar	12 h	PV	200
Coliformes totales	0,2mL Tiosulfato 3% Refrigerar	12 h	PV	200
Color	Refrigerar	48 h	PV	500
Conductividad (In Situ)	Refrigerar	7 d	PV	500
Fosforo inorganico	pH<2 con H2SO4 -Refrigerar	1 mes	V	2000
Fosforo organico	pH<2 con H2SO4 -Refrigerar	1 mes	V	2000
Fosfatos	pH<2 con H2SO4 -Refrigerar	1 mes	V	2000
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	Refrigerar	48 h	PV	1000
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	H2SO4 pH < 2. Refrigerar	28 d	V	100
Dureza total	H2SO4, HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	100
Fluoruros	Ninguna	28 d	P	250
Fosforo total	H2SO4 pH < 2. Refrigerar	28 d	PV	100
Grasas y Aceites	H2SO4 o HCl pH < 2. Refrigerar	28 d	V	1000
Hierro total				
Magnesio	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000

Análisis	Preservación	Tiempo max de conservación.	Envase	Min. Cantidad (ml)
Mercurio total	pH<2 con HNO3 y adición de K2Cr2O7	1 mes	V	1000
Níquel total	Acidificar a pH<2	1mes	V	1000
Nitrogeno total	H2SO4 pH < 2. Refrigerar	28 d	P	500
Nitrogeno Amoniacal	H2SO4 pH < 2. Refrigerar	28 d	P	500
Nitritos	Refrigerar	48 h	PV	100
Nitratos	H2SO4 pH < 2. Refrigerar	48 h	PV	100
Oxígeno disuelto ( <i>In Situ</i> )	Fijación	8 h	V	200
pH ( <i>In Situ</i> )	Inmediato	Inmediato	PV	50
Plata total	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000
Plomo total	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000
Potasio total				
Selenio total	Acidificar a pH<2	1mes	V	1000
Sólidos suspendidos totales	Refrigerar	7 d	PV	200
Sólidos Sedimentables	Refrigerar	7 d	PV	1000
Sólidos Totales	Refrigerar	7 d	PV	200
Sodio	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000
Sulfatos	Refrigerar	28 d	PV	100
Temperatura ( <i>In Situ</i> )	Inmediato	Inmediato	PV	NA
Turbidez	Refrigerar a oscuridad	48 h	PV	100
Vanadio	Acidificar a pH<2	1mes	V	1000
Zinc	HNO3 pH <2. Refrigerar	6 meses	PV	1000

Fuente: Standard Methods for examination of wáter and wastewater. 21st edition. 2005.

### • Resultados fisicoquímicos

En el área de estudio, se visitaron 20 estaciones de monitoreo, estos incluían diez (10) cuerpos lóticos se analizaron por su potencial como posibles puntos de captación, para las Mercedes (Herrera-Paramo de las Hermosas), se caracterizaron 15 cuerpos de agua superficial y 6 puntos de agua subterránea, estos incluían once (11) cuerpos loticos, cuatro (4) léntico y 6 pozos emergentes, Para el Valle del cauca se identificaron seis (6) puntos de agua superficial del cual uno (1) como posible punto de captación.

En los diferentes cuerpos de agua se realizó la caracterización física, química, bacteriológica, e hidrobiológica de las comunidades perifítica, fitoplanctónica, zooplanctónica, bentónica, íctica y de macrófitas. Los puntos de muestreo fueron georreferenciados y servirá de base para establecer el seguimiento del ecosistema hídrico, el monitoreo hidrobiológico se realizó al mismo tiempo que el monitoreo fisicoquímico y se presentan en el numeral 3.3.2 Ecosistemas acuáticos

### Río Iquira

El muestreo realizado en río Iquira se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo “100

metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho pedregoso, sin signos de erosión en sus márgenes, pendiente notoria y con vegetación arbórea en sus márgenes, la Foto 244 corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

#### Foto 244 Río Iquira.



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A continuación en la Tabla 110, se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

#### ***Análisis In situ y de laboratorio***

La temperatura del cuerpo superficial fue de 21,8 °C aguas arriba y de 21,8 °C aguas abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 7,33 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 7,99 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 131,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 173,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 63,7 mg/L y de 87,3 mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 6,2 mg/L en el punto aguas arriba y de 7,3 mg/L aguas abajo.

La calidad del agua en el río Iquira es buena, dado que la mayoría de parámetros analizados tanto *in situ* como en laboratorio se encuentran cumpliendo la normatividad nacional. El color verdadero no cumple con el límite máximo establecido en el decreto 1594 en donde se contempla un máximo de 75 UPC para aguas de consumo humano que para su potabilización se requiere solo tratamiento convencional, por lo tanto en los puntos 100 metros aguas arriba y aguas abajo se excede este límite indicando agua turbia. El caudal del río Iquira fue de 2017,1 L/s.

#### **Turbiedad**

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 40.2 NTU, considerándose como un agua

turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 46.5 NTU, considerándose como un agua ligeramente turbia, de acuerdo con este resultado el agua de la quebrada cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

#### Color Verdadero

El Color Verdadero determinado en el punto de muestreo aguas arriba fue de 102 UPC y de 94 UPC aguas abajo, según este resultado el agua de la quebrada no cumple con lo establecido en los artículos 38 y 39 Decreto 1594 de 1984.

#### Acidez Total

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 1.8 mg/L CaCO<sub>3</sub> y de 1.7 mg/L CaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado en decreto 1594 de 1984.

#### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 26.6 mg/LCaCO<sub>3</sub> y 27.1 mg/LCaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

#### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

#### Fósforo

El fosforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normatizadas en el Decreto 1594 de 1984.

#### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones medias aguas arriba y aguas abajo, valores acorde con los valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normatizadas en el Decreto 1594 de 1984.

Tabla 110 Resultados In situ y de laboratorio Río Iquira.

PARÁMETRO	UNIDADES	IN SITU TABLAS		NORMAS, DFC. 420/2010					
		RÍO IQUIRA AGUAS ARRIBA	RÍO IQUIRA AGUAS ABAJO	Artículo 18 Limite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 28 Limite Consumo humano Desinfección	Artículo 41 Limite uso agrícola	Artículo 41 Limite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
<b>No. LABORATORIO</b>		<b>141100</b>	<b>141101</b>						
<b>No. CIMA</b>		<b>1355</b>	<b>1356</b>						
<b>FECHA</b>	<b>D-M-A</b>	<b>31-1-13</b>	<b>31-1-13</b>						
<b>HORA</b>	h:min	12:05	11:00						
Temperatura de la Muestra	°C	21.8	21.8	NE	NE	NE	NE	NE	NE
pH	unidades	7.33	7.99	5 - 9	6.5 - 8.5	4.5 - 9.0	NE	5 - 9	5 - 9
Conductividad	uS/cm	131.3	173.9	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	63.7	87.3	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.2	7.3	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Caudal	L/s	2017.1							
Turbiedad	NTU	40.2	45.5	NE	190	NE	NE	NE	NE
Color Verdadero	UPC	102	94	75	20	NE	NE	NE	NE
Aidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.8	1.7	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	26.6	27.1	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	26.6	27.1	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	NE	NE	NE	NE
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	21.9	22.7	400	400	NE	NE	NE	NE
Fósforo	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.017	0.025	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Nitrosos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.105	0.13	10	10	NE	NE	NE	NE
Nitrosos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.024	0.02	1	1	NE	NE	NE	NE
Nitrogeno Ammoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	NE	NE	NE	NE
Fósforo Total	mg/L P	0.039	0.06	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Fósforo orgánico	mg/L P	< 0.010	0.014	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Fósforo inorgánico	mg/L P	0.030	0.045	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Sólidos suspendidos Totales	mg/L	47	59	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Sólidos Totales	mg/L	118	130	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Sólidos Sedimentables	mg/L	<0.1	<0.1	NE	NE	NE	NE	NE	NE
PROA	mg/l O <sub>2</sub>	3	3	NE	NE	NE	NE	NE	NE
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Cadmio	mg/L	9.35	10.60	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0.01	0.01	0.05	NE	NE
Hierro total	mg/L	0.974	0.611	NF	NF	5	NF	NF	NF
Plomo	mg/l	<0.05	<0.05	0.05	0.05	5	0.1	NE	NE
Potasio	mg/L	1.3	1.31	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Sodio	mg/L	2.33	2.25	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Selenio	mg/L	0.00017	0.00015	0.01	0.01	0.02	NE	NE	NE
Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	NE	NE	NE
Magnesio	mg/L	3.12	3.20	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.0019	0.002	0.002	0.002	NE	NE	NE
Zinc	mg/l	<0.009	<0.009	15	15	2	25	NE	NE
Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.C.	N.C.	0.2	N.C.	N.C.	N.C.
Hiala	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	NE	NE	NE	NE
Vanadio	mg/L	<0.02	<0.082	NE	NE	0.1	NE	NE	NE
Arsenico	mg/L	0.00038	0.00036	0.05	0.05	0.1	0.2	NF	NF
Grasas y Aceites	mg/L	<0.5	<0.5	Ausente	Ausente	NE	NE	Ausente	Ausente
Coliformes Totales	NMP/100mL	670	1000	20000	1000	5000*	NE	1000	5000
Coliformes Fecales	NMP/100mL	220	280	2000	NE	1000*	NE	200	NE

NE: no especifica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 3 mg/L y 3 mg/L aguas abajo, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor

bajo y que indica buena calidad del agua del río en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales fue de 870 NMP/100mL y 220 NMP/100mL respectivamente en el punto aguas arriba. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 1000 NMP/100mL y 280 NMP/100mL. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad ganadera y agricultura desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 111 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 111 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Iquira.**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.272</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.242</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.325		0.201	
I Coliformes totales	0.206		0.240	
I. DBO-5	0.284		0.284	
<b>ICOMI</b>	<b>0.189</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.276</b>	<b>BAJA</b>
I. Conductividad	0.379		0.552	
I. Alcalinidad	0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.003</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.029</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	7.33		7.99	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.121</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.157</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	47		59	

Fuente: CIMA.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para el punto aguas arriba presentó

un índice de contaminación “BAJA” al igual que el punto aguas abajo; el índice ICOMI presenta contaminación “NINGUNA” en el punto aguas arriba y “BAJA” En el punto aguas abajo, (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que los valores no pasan de 8 unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos.

**Tabla 112 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Río Iquira (mg/L P total)	
Aguas arriba	Aguas abajo
0.039	0.06
Eutrofia	Eutrofia

Fuente: CIMA.

La Tabla 112 presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en el río Iquira, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.039 aguas arriba y 0.060 aguas abajo, estos valores son lejanos de 1 lo que indica que la eutrofia es muy baja.

### Quebrada Pedernal

El muestreo realizado en Q. Pedernal se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo “100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho pedregoso, con signos de intervención antropica en sus márgenes, baja pendiente y con vegetación arbustiva, la Foto 245 Corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

**Foto 245 Quebrada Pedernal.**



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A continuación en la Tabla 113 se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra

fuera de los límites permisibles.

### ***Análisis In situ y de laboratorio.***

La temperatura del cuerpo superficial fue de 20,7 °C aguas arriba y de 21,0 °C aguas abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 7,20 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 7,15 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 121,9  $\mu$ S/cm aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 122,4  $\mu$ S/cm, considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 60,9 mg/L y de 61,2 mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 5,8 mg/L en el punto aguas arriba y de 5,2 mg/L aguas abajo. El caudal en el Q. Pedernal fue de 118,2 L/s.

La calidad del agua del Q. Pedernal según los parámetros analizados cumple con lo establecido en el decreto 1594 de 1984. Para este cuerpo de agua superficial no se cumple con el límite establecido en el artículo 39 al exceder el límite, de igual forma en ambos puntos de monitoreo se incumple el artículo 42 que establece los límite para uso de agua destinados con fines recreativos.

### ***Turbiedad***

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 2.12 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 1.39 NTU, considerándose como un agua poco turbia, de acuerdo con este resultado el agua de la quebrada cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### ***Color Verdadero***

El Color Verdadero determinado en los dos puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo fue menor a 3 UPC, según este resultado el agua de la quebrada cumple con lo establecido en los artículos 38 y 39 Decreto 1594 de 1984.

### ***Acidez Total***

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 2.4 mg/L CaCO<sub>3</sub> y de 2.5 mg/L CaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

**Tabla 113 Resultados In situ y de laboratorio Q. Pedernal.**

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84						
		Q. PEDERNAL AGUAS ARRIBA	Q. PEDERNAL AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario	
No. LABORATORIO		141162	141163							
No. CIMA		1957	1958							
FECHA	D-M-A	02-ago-13	02-ago-13							
HORA	h.min	16:58	17:15							
Temperatura de la Muestra	°C	20.7	21.0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
pH	unidades	7.20	7.15	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9	
Conductividad	uS/cm	121.9	122.4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	60.9	61.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.8	5.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Caudal	L/s	118.2								
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Turbiedad	NTU	2.12	1.39	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
	Color Verdadero	UPC	<3	<3	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
	Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	2.4	2.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	34.6	35.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	34.6	35.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	0.014	0.039	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.393	0.36	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.068	0.037	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo Total	mg/L P	0.036	0.09	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo orgánico	mg/L P	< 0.011	0.022	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo inorgánico	mg/L P	0.025	0.068	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	<3	<3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Totales	mg/L	50	50	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Sedimentables	mg/L	<0.1	<0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	4	2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DOO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Calcio	mg/L	6.90	8.45	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0.01	0.01	0.05	N.E	N.E
	Hierro total	mg/L	0.336	0.412	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
	Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0.05	0.05	5	0.1	N.E	N.E
	Potasio	mg/L	1.77	1.78	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sodio	mg/L	1.57	1.79	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Selenio	mg/L	0.00014	0.00014	0.01	0.01	0.02	N.E	N.E	N.E
	Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
	Magnesio	mg/L	2.16	2.64	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.0019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
	Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
	Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E	
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E	
Arsenico	mg/L	0.00028	0.00027	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E	
Grasas y Aceites	mg/L	<0.5	<0.5	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente	
Coliformes Totales	NMP/100mL	1600	2400	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	500	1600	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E	

NE: no especifica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 34.6 mg/LCaCO<sub>3</sub> y 35.2 mg/LCaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normatizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo, valores acorde con los bajos valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normatizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 4 mg/L y 2 mg/L aguas abajo, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua del río en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales fue de 1600 NMP/100mL y 500 NMP/100mL respectivamente en el punto aguas arriba. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 2400 NMP/100mL y 1600 NMP/100mL. Valores relativamente altos para este tipo de fuente, posiblemente causados por la actividad ganadera desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

### Índices De Contaminación ICO.

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 114 Se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 114 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q. Pedernal.**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.369</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.300</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.201		0.446	
I Coliformes totales	0.354		0.453	
I. DBO-5	0.371		0.000	
<b>ICOMI</b>	<b>0.171</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.172</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.343		0.345	
I. Alcalinidad	0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.002</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.002</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	7.20		7.15	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	3		3	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para los dos puntos, aguas arriba y aguas abajo, presentaron un índice de contaminación “BAJA”, debido a la concentración de coliformes; el índice ICOMI presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la alcalinidad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que los valores no pasan de 8 unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos.

**Tabla 115 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Q. Pedernal (mg/L P total)	
<b>Aguas arriba</b>	Aguas abajo
<b>0.036</b>	0.09
<b>Eutrofia</b>	Eutrofia

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

La Tabla 115 presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en la Q. Pedernal, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.036 aguas arriba y 0.090 aguas abajo, estos valores son lejanos de 1 lo que indica que la eutrofia es muy baja.

### Río Bache

El muestreo realizado en el río Bache se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo “100

metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho pedregoso, con signos de intervención antropica en sus márgenes, pendiente perceptible y con vegetación arbustiva y poaceae, la Foto 246 corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

#### Foto 246 Rio Bache



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A continuación en la Tabla 116 se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

#### ***Análisis In situ y de laboratorio***

La temperatura del cuerpo superficial fue de 18.8°C aguas arriba y de 18.1 °C aguas abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 8.59 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 8.20 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades), pero igualmente estas aguas tienden a ser un poco alcalinas; la conductividad fue de 146.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 140.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 73.3 mg/L y de 70.1 mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 8,0 mg/L en el punto aguas arriba y de 7.8 mg/L aguas abajo. El caudal registrado en el punto y la hora del muestreo fue de 10491 L/s.

#### ***Turbiedad***

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 24.7 NTU, considerándose como un agua ligeramente turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 19.7 NTU, considerándose como un agua ligeramente turbia, de acuerdo con este resultado el agua del rio cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Color Verdadero

El Color Verdadero determinado en el punto de muestreo aguas arriba fue 18 UPC y de 17 UPC aguas abajo, según este resultado el agua de la quebrada cumple con lo establecido en los artículos 38 y 39 Decreto 1594 de 1984.

### Acidez Total

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 1.7 mg/L CaCO<sub>3</sub> y de 2.3 mg/L CaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 60.2mg/LCaCO<sub>3</sub> y 61.0 mg/LCaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normatizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo, valores acorde con los bajos valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normatizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 2 mg/L y 4 mg/L aguas abajo, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

**Tabla 116 Resultados In situ y de laboratorio, Rio Bache.**

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
			RIO BACHE AGUAS ARRIBA	RIO BACHE AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
	No. LABORATORIO		144553	144554						
	FECHA	D-M-A	03-ago-13	03-ago-13						
IN SITU	HORA	h:min	16:00	16:31						
	Temperatura de la Muestra	°C	18.8	18.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	unidades	8.59	8.20	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
	Conductividad	uS/cm	146.6	140.0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	73.3	70.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.0	7.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Caudal	L/s	10491.8							
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Turbiedad	NTU	24.7	19.7	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
	Color Verdadero	UPC	18	17	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
	Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.7	2.3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	60.2	61.0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	60.2	61.0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	0.050	0.047	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.418	0.364	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.011	0.009	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo inorgánico	mg/L P	0.080	0.079	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo orgánico	mg/L P	0.024	0.025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo Total	mg/L P	0.104	0.104	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	35	38	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Totales	mg/L	106	110	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	2	4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Calcio	mg/L	8.48	6.88	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
	Hierro	mg/L	0.639	0.956	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
	Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
	Potasio	mg/L	1.02	1.03	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sodio	mg/L	3.45	2.80	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Selenio	mg/L	0.00015	0.00015	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
	Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
	Magnesio	mg/L	2.65	2.22	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.0019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
	Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
	Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
	Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E	
Arsenico	mg/L	0.00031	0.00031	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E	
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente	
Coliformes Totales	NMP/100mL	2400	4600	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	23	110	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E	

NE: no especifica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua del rio en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales fue de 2400 NMP/100mL y 23 NMP/100mL respectivamente en el punto aguas arriba. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 4600 NMP/100mL y 110 NMP/100mL. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad ganadera desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 117 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 117. Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Bache.**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.208</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.394</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.170		0.201	
I Coliformes totales	0.453		0.611	
I. DBO-5	0.000		0.371	
<b>ICOMI</b>	<b>0.245</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.234</b>	<b>BAJA</b>
I. Conductividad	0.439		0.413	
I. Alcalinidad	0.051		0.055	
<b>ICOPH</b>	<b>0.191</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.058</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	8.59		8.20	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.085</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.094</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	35		38	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO en los dos puntos, aguas arriba y aguas abajo se presentó un índice de contaminación “BAJA”, debido a la concentración de coliformes; el índice ICOMI presenta contaminación “BAJA” debido al bajo valor en la alcalinidad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación

“NINGUNA” debido a que los valores no pasan de 8 unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos.

**Tabla 118 ICOTRO (Índice de contaminación trófica)**

Río Bache (mg/L P total)	
Aguas arriba	Aguas abajo
0.104	0.104
Eutrofia	Eutrofia

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

La Tabla 118 presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en el río Bache, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.104 aguas arriba y 0.104 aguas abajo, estos valores son lejanos de 1 lo que indica que la eutrofia es muy baja.

### Quebrada El Nilo

El muestreo realizado en la Quebrada Nilo se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo “100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho pedregoso, sin signos de intervención antrópica en sus márgenes, pendiente perceptible y con vegetación arbustiva y poaceae, la Foto247 corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

### Foto247 Quebrada el Nilo



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A continuación en la Tabla 119

QUEBRADA EL NILO									
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		QUEBRADA NILO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA NILO AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		141164	141165						
No. CIMA		1959	1960						
FECHA	D-M-A	03-ago-13	03-ago-13						
HORA	h:min	11:45	12:16						
IN SITU	Temperatura de la Muestra	°C	21,3	22,3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	unidades	7.50	7.30	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9
	Conductividad	uS/cm	78,6	115,9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	39,3	7,9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8,3	7,9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Caudal	L/s	126,2						
	Turbiedad	NTU	4.92	10.3	N.E	190	N.E	N.E	N.E
	Color Verdadero	UPC	10	20	75	20	N.E	N.E	N.E
	Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	2,7	3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	62,0	55,2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	62,0	55,2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Cloruros	mg/L Cl-	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	
Sulfatos	mg/L SO <sub>4-2</sub>	<4	11,3	400	400	N.E	N.E	N.E	
Fosfatos	mg/L PO <sub>4-3</sub>	0,044	0,039	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0,289	0,347	10	10	N.E	N.E	N.E	
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0,009	0,009	1	1	N.E	N.E	N.E	
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	
Fósforo Total	mg/L P	0,096	0,094	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Fósforo orgánico	mg/L P	0,025	0,025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Fósforo inorgánico	mg/L P	0,071	0,069	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	<3	15	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Totales	mg/L	80	92	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0,1	< 0,1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	2	4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Calcio	mg/L	14,90	15,40	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cadmio	mg/L	<0,007	<0,007	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E
	Hierro total	mg/L	0,365	0,326	N.E	N.E	5	N.E	N.E
	Plomo	mg/L	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E
	Potasio	mg/L	1,42	1,51	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sodio	mg/L	2,86	2,52	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Selenio	mg/L	0,00015	0,00016	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E
	Cobre	mg/L	<0,046	<0,046	1	1	0,2	N.E	N.E
	Magnesio	mg/L	4,67	4,82	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Mercurio	mg/L	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	0,002	N.E	N.E
	Zinc	mg/L	<0,009	<0,009	15	15	2	25	N.E
	Niquel	mg/L	<0,054	<0,054	N.E.	N.E.	0,2	N.E	N.E
	Plata	mg/L	<0,002	<0,002	0,05	0,05	N.E.	N.E	N.E
	Arsenico	mg/L	0,00028	0,00032	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E
Grasas y Aceites	mg/L	<0,5	<0,5	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	
Coliformes Totales	NMP/100mL	810	960	20000	1000	5000*	N.E	1000	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	240	300	2000	N.E	1000*	N.E	200	

se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

### Análisis In situ y de laboratorio

La temperatura del cuerpo superficial fue de 21,3 °C aguas arriba y de 22,3 °C aguas abajo

abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 7,50 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 7,30 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 78,6  $\mu\text{S/cm}$  aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 75,9  $\mu\text{S/cm}$ , considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 39,3 mg/L y de 7,9 mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 8,3 mg/L en el punto aguas arriba y de 7,9 mg/L aguas abajo. El caudal de la Quebrada El Nilo fue de 126,2 L/s.

### Turbiedad

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 4.92 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 10.3 NTU, considerándose como un agua poco turbia, de acuerdo con este resultado el agua de la quebrada cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Color Verdadero

El Color Verdadero determinado en el punto de muestreo aguas arriba fue de 10 UPC y de 20 UPC aguas abajo, según este resultado el agua de la quebrada cumple con lo establecido en los artículos 38 y 39 Decreto 1594 de 1984, teniendo en cuenta que en el punto aguas abajo llega al máximo permitido.

**Tabla 119 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada El Nilo.**

QUEBRADA EL NILO									
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		QUEBRADA NILO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA NILO AGUAS ABAJO	Artículo 38 Limite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Limite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Limite uso agrícola	Artículo 41 Limite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		141164	141165						
No. CIMA		1959	1960						
FECHA	D-M-A	03-ago-13	03-ago-13						
HORA	h:min	11:45	12:16						
IN SITU	Temperatura de la Muestra	°C	21,3	22,3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	unidades	7.50	7.30	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9
	Conductividad	uS/cm	78,6	115,9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	39,3	7,9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8,3	7,9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Caudal	L/s	126,2						
	Turbiedad	NTU	4,92	10,3	N.E	190	N.E	N.E	N.E
	Color Verdadero	UPC	10	20	75	20	N.E	N.E	N.E
	Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	2,7	3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	62,0	55,2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	62,0	55,2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> -2	<4	11,3	400	400	N.E	N.E	N.E	
Fosfatos	mg/L PO4-3	0,044	0,039	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0,289	0,347	10	10	N.E	N.E	N.E	
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0,009	0,009	1	1	N.E	N.E	N.E	
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	
Fósforo Total	mg/L P	0,096	0,094	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Fósforo orgánico	mg/L P	0,025	0,025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Fósforo inorgánico	mg/L P	0,071	0,069	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<3	15	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Totales	mg/L	80	92	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0,1	< 0,1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	2	4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Calcio	mg/L	14,90	15,40	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cadmio	mg/L	<0,007	<0,007	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E
	Hierro total	mg/L	0,365	0,326	N.E	N.E	5	N.E	N.E
	Plomo	mg/L	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E
	Potasio	mg/L	1,42	1,51	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sodio	mg/L	2,86	2,52	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Selenio	mg/L	0,00015	0,00016	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E
	Cobre	mg/L	<0,046	<0,046	1	1	0,2	N.E	N.E
	Magnesio	mg/L	4,67	4,82	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Mercurio	mg/L	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	0,002	N.E	N.E
	Zinc	mg/L	<0,009	<0,009	15	15	2	25	N.E
	Niquel	mg/L	<0,054	<0,054	N.E.	N.E.	0,2	N.E	N.E
	Plata	mg/L	<0,002	<0,002	0,05	0,05	N.E.	N.E	N.E
	Arsenico	mg/L	0,00028	0,00032	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E
	Grasas y Aceites	mg/L	<0,5	<0,5	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente
Coliformes Totales	NMP/100mL	810	960	20000	1000	5000*	N.E	1000	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	240	300	2000	N.E	1000*	N.E	200	

NE: no especifica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Acidez Total

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 2.7 mg/L CaCO<sub>3</sub> y de 3.0 mg/L CaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 62.0 mg/LCaCO<sub>3</sub> y 55.2 mg/LCaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo, valores acorde con los bajos valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 2 mg/L y 4 mg/L aguas abajo, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua del río en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales fue de 800 NMP/100mL y 240 NMP/100mL respectivamente en el punto aguas arriba. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 960 NMP/100mL y 300 NMP/100mL. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad ganadera desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas, nótese que en las dos estaciones se supera el límite establecido en el artículo 42.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 120 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 120. Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q. Nilo**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.095</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.242</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.097		0.126	
I Coliformes totales	0.189		0.230	
I. DBO-5	0.000		0.371	
<b>ICOMI</b>	<b>0.125</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.024</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.190		0.022	
I. Alcalinidad	0.060		0.026	
<b>ICOPH</b>	<b>0.005</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.003</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	7.50		7.30	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.025</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	3		15	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para el punto aguas arriba presentó un índice de contaminación “NINGUNA” y el punto aguas abajo presentó contaminación “BAJA” debido a la mayor concentración de coliformes; el índice ICOMI presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la alcalinidad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que los valores no pasan de 8 unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos.

**Tabla 121 ICOTRO (Índice de contaminación trófica)**

Quebrada Nilo (mg/L P total)	
Aguas arriba	Aguas abajo
0.096	0.094
Eutrofia	Eutrofia

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

La Tabla 121 presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en la Quebrada Nilo, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.096 aguas arriba y 0.094 aguas abajo, estos valores son lejanos de 1, lo que indica que la eutrofia es muy baja.

### Río Claro

El muestreo realizado en río Claro se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo “100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho pedregoso, sin signos de intervención entrópica en sus márgenes, pendiente altamente perceptible y con vegetación arbustiva, la Foto 248 Corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

**Foto 248 Río Claro.**



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A

continuación

en

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		RIO CLARO AGUAS ARRIBA	RIO CLARO AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		144555	144556						
FECHA	D-M-A	05-ago-13	05-ago-13						
HORA	h:min	12:48	13:29						
IN SITU	Temperatura de la Muestra	°C	15.4	15.3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	unidades	8.23	8.23	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9
	Conductividad	uS/cm	51.6	50.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	25.8	25.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	mg/L	7.8	7.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Caudal	L/S	873.3						
	Turbiedad	NTU	4.31	5.99	N.E	190	N.E	N.E	N.E
	Color Verdadero	UPC	7	9	75	20	N.E	N.E	N.E
	Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.7	1.7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	20.1	20.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	20.1	20.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	
Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	0.035	0.031	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.213	0.042	10	10	N.E	N.E	N.E	
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.008	0.010	1	1	N.E	N.E	N.E	
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Fósforo inorgánico	mg/L P	0.057	0.050	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Fósforo orgánico	mg/L P	0.015	0.016	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Fósforo Total	mg/L P	0.072	0.066	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	14	24	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Totales	mg/L	38	48	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	3	2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Calcio	mg/L	1.78	1.82	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E
	Hierro	mg/L	0.359	0.563	N.E	N.E	5	N.E	N.E
	Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E
	Potasio	mg/L	0.906	0.974	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sodio	mg/L	2.19	2.94	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Selenio	mg/L	0.00014	0.00015	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E
	Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E
	Magnesio	mg/L	0.485	0.478	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E
	Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E
	Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E
	Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E
	Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E
	Arsenico	mg/L	0.00030	0.00030	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E
	Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente
	Coliformes Totales	NMP/100mL	1600	60	2000	1000	5000*	N.E	1000
	Coliformes Fecales	NMP/100mL	500	<2	2000	N.E	1000*	N.E	200

, se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

**Tabla 122 Resultados In situ y de laboratorio Río Claro**

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84						
		RIO CLARO AGUAS ARRIBA	RIO CLARO AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario	
No. LABORATORIO		144555	144556							
FECHA	D-M-A	05-ago-13	05-ago-13							
HORA	h:min	12:48	13:29							
Temperatura de la Muestra	°C	15.4	15.3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
pH	unidades	8.23	8.23	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9	
Conductividad	uS/cm	51.6	50.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	25.8	25.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.8	7.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Caudal	L/S	873.3								
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Turbiedad	NTU	4.31	5.99	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
	Color Verdadero	UPC	7	9	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
	Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.7	1.7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	20.1	20.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	20.1	20.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> -2	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> -3	0.035	0.031	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.213	0.042	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.008	0.010	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo inorgánico	mg/L P	0.057	0.050	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo orgánico	mg/L P	0.015	0.016	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo Total	mg/L P	0.072	0.066	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	14	24	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Totales	mg/L	38	48	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	3	2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Calcio	mg/L	1.78	1.82	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
	Hierro	mg/L	0.359	0.563	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
	Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
	Potasio	mg/L	0.906	0.974	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sodio	mg/L	2.19	2.94	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Selenio	mg/L	0.00014	0.00015	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
	Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
	Magnesio	mg/L	0.485	0.478	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
	Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
	Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E	
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E	
Arsenico	mg/L	0.00030	0.00030	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E	
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente	
Coliformes Totales	NMP/100mL	1600	60	2000	1000	5000*	N.E	1000	5000	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	500	<2	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E	

NE: no especifica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### **Análisis In situ y de laboratorio**

La temperatura del cuerpo superficial fue de 15,4 °C aguas arriba y de 15,3 °C aguas abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 8,23 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 8,23 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de

473

51,6  $\mu\text{S/cm}$  aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 50,8  $\mu\text{S/cm}$ , considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 25,8 mg/L y de 25,9 mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 7,76 mg/L en el punto aguas arriba y de 7,83 mg/L aguas abajo. El caudal de la el Río Claro fue de 873,3 L/s.

### Turbiedad

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 4.31 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 4.99 NTU, considerándose como un agua poco turbia, de acuerdo con este resultado el agua de la quebrada no cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Color Verdadero

El Color Verdadero determinado en el punto de muestreo aguas arriba fue menor a 7 UPC y de 9 UPC aguas abajo, según este resultado el agua de la quebrada cumple con lo establecido en los artículos 38 y 39 Decreto 1594 de 1984.

### Acidez Total

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 1.7 mg/L  $\text{CaCO}_3$  y de 1.7 mg/L  $\text{CaCO}_3$  aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 20.1 mg/L  $\text{CaCO}_3$  y 20.2 mg/L  $\text{CaCO}_3$  aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo, valores acorde con los bajos valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 3 mg/L y 2 mg/L aguas abajo, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua del río en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales fue de 1600 NMP/100mL y 500 NMP/100mL respectivamente en el punto aguas arriba, aquí se supero los límites establecidos en los artículos 39 y 42. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 60 NMP/100mL y <2 NMP/100mL., cumpliendo con la norma en todos sus artículos. Los anteriores valores son típicos para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad ganadera desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 123 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 123 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Claro.**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.295</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.116</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Oxígeno %	0.246		0.348	
I Coliformes totales	0.354		0.000	
I. DBO-5	0.284		0.000	
<b>ICOMI</b>	<b>0.054</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.053</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.108		0.106	
I. Alcalinidad	0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.064</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.064</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	8.23		8.23	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.022</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.052</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	14		24	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para el punto aguas arriba presentó un índice de contaminación “BAJA” y el punto aguas abajo presentó contaminación “NINGUNA” debido a la disminución de la concentración de coliformes; el índice ICOMI presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la alcalinidad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que los valores no pasan de 8 unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos.

**Tabla 124 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

<b>Río Claro (mg/L P total)</b>	
<b>Aguas arriba</b>	<b>Aguas abajo</b>
<b>0.072</b>	<b>0.066</b>
<b>Eutrofia</b>	<b>Eutrofia</b>

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

La Tabla 124 presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en la Río Claro, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.072 aguas arriba y 0.066 aguas abajo, estos valores son lejanos de 1, lo que indica que la eutrofia es muy baja.

### **Quebrada Montalvo**

El muestreo realizado en la Quebrada Montalvo se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo “100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho Arenoso, sin signos de intervención entrópica en sus márgenes, pendiente perceptible y con vegetación arbustiva, la Foto 249 corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

**Foto 249 Q. Montalvo.**



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A continuación en la

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
			QUEBRADA MONTALVO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA MONTALVO AGUAS ABAJO	Artículo 38 Limite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Limite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Limite uso agrícola	Artículo 41 Limite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
	No. LABORATORIO		144557	144558						
	FECHA	D-M-A	06-ago-13	06-ago-13						
IN SITU	HORA	h:min	10:21	11:21						
	Temperatura de la Muestra	°C	15.6	18.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	unidades	8.33	8.37	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
	Conductividad	uS/cm	96.6	90.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	45.4	45.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	mg/L	7.4	7.33	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Caudal	L/S	279.6							
	Turbiedad	NTU	7.27	9.89	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
	Color Verdadero	UPC	<3	<3	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
	ANÁLISIS DE LABORATORIO	Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.9	2.4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total		mg/L CaCO <sub>3</sub>	37.9	36.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos		mg/L CaCO <sub>3</sub>	37.9	36.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros		mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos		mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Fosfatos		mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.022	0.014	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitratos		mg/L NO <sub>3</sub>	0.343	0.339	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos		mg/L NO <sub>2</sub>	0.008	0.009	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal		mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrogeno total		mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo inorgánico		mg/L P	0.038	0.022	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo orgánico		mg/L P	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total		mg/L P	0.047	0.031	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables		mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendedos Totales		mg/L	8	33	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales		mg/L	50	84	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO-5		mg/L O <sub>2</sub>	2	2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO		mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio		mg/L	4.37	2.97	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio		mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Hierro		mg/L	0.164	0.340	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Plomo		mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio		mg/L	0.748	0.759	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio		mg/L	2.70	3.28	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio		mg/L	0.00014	0.00015	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Cobre		mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0,2	N.E	N.E	N.E
Magnesio		mg/L	1.41	1.06	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio		mg/L	<0.0019	<0.0019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
Zinc		mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
Niquel		mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata		mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Vanadio		mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E
Arsenico	mg/L	0.00029	0.00031	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E	
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente	
Coliformes Totales	NMP/100mL	1200	910	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	900	50	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E	

, se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

### Análisis In situ y de laboratorio

La temperatura del cuerpo superficial fue de 15,6 °C aguas arriba y de 18,2 °C aguas abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 8,33 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 8,37 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 90,6 μS/cm aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 90,8 μS/cm, considerándose

un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 45,4 mg/L y de 45,5 mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 7,40 mg/L en el punto aguas arriba y de 7,33 mg/L aguas abajo. El caudal de la Quebrada Montalvo fue de 279,6 L/s.

### Turbiedad

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 7.27 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 9.89 NTU, considerándose como un agua ligeramente turbia, de acuerdo con este resultado el agua de la quebrada cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Color Verdadero

El Color Verdadero determinado en los dos puntos de muestreo, aguas arriba y aguas abajo, fue menor a 3 UPC aguas, según este resultado el agua de la quebrada cumple con lo establecido en los artículos 38 y 39 Decreto 1594 de 1984.

**Tabla 125 Resultados In situ y de laboratorio. Quebrada Montalvo.**

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		QUEBRADA MONTALVO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA MONTALVO AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		144557	144558						
FECHA	D-M-A	06-ago-13	06-ago-13						
HORA	h:min	10:21	11:21						
Temperatura de la Muestra	°C	15.6	18.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	unidades	8.33	8.37	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
Conductividad	uS/cm	96.6	90.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	45.4	45.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.4	7.33	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Caudal	L/S	279.6							
Turbiedad	NTU	7.27	9.89	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Color Verdadero	UPC	<3	<3	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.9	2.4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	37.9	36.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	37.9	36.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos	mg/L SO <sub>4-2</sub>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Fosfatos	mg/L PO <sub>4-3</sub>	0.022	0.014	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.343	0.339	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.008	0.009	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo inorgánico	mg/L P	0.038	0.022	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo orgánico	mg/L P	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total	mg/L P	0.047	0.031	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	8	33	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales	mg/L	50	84	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	2	2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio	mg/L	4.37	2.97	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Hierro	mg/L	0.164	0.340	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio	mg/L	0.748	0.759	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio	mg/L	2.70	3.28	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio	mg/L	0.00014	0.00015	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
Magnesio	mg/L	1.41	1.06	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E
Arsenico	mg/L	0.00029	0.00031	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
Coliformes Totales	NMP/100mL	1200	910	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
Coliformes Fecales	NMP/100mL	900	50	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E

NE: no específica.

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Acidez Total

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 1.9 mg/L CaCO<sub>3</sub> y de 2.4 mg/L CaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 37.9 mg/LCaCO<sub>3</sub> y 36.9 mg/LCaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo, valores acorde con los bajos valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 2 mg/L y 2mg/L aguas abajo, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua del río en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto.

Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales fue de 1200 NMP/100mL y 900 NMP/100mL respectivamente en el punto aguas arriba, superando los artículos 39 y 42. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 910 NMP/100mL y 50 NMP/100mL, valores por debajo de lo establecido en el decreto 1594 de 1984.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En

la

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.188</b>	NINGUNA	<b>0.155</b>	NINGUNA
I. Oxígeno %	0.278		0.249	
I Coliformes totales	0.284		0.217	
I. DBO-5	0.000		0.000	
<b>ICOMI</b>	<b>0.126</b>	NINGUNA	<b>0.116</b>	NINGUNA
I. Conductividad	0.251		0.231	
I. Alcalinidad	0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.088</b>	NINGUNA	<b>0.099</b>	NINGUNA
pH	8.33		8.37	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.000</b>	NINGUNA	<b>0.079</b>	NINGUNA
Sólidos suspendidos, mg/L	8		33	

se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 126 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q Montalvo**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.188</b>	NINGUNA	<b>0.155</b>	NINGUNA
I. Oxígeno %	0.278		0.249	
I Coliformes totales	0.284		0.217	
I. DBO-5	0.000		0.000	
<b>ICOMI</b>	<b>0.126</b>	NINGUNA	<b>0.116</b>	NINGUNA
I. Conductividad	0.251		0.231	
I. Alcalinidad	0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.088</b>	NINGUNA	<b>0.099</b>	NINGUNA
pH	8.33		8.37	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.000</b>	NINGUNA	<b>0.079</b>	NINGUNA
Sólidos suspendidos, mg/L	8		33	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para los dos puntos, aguas arriba y aguas abajo, presentó un índice de contaminación "NINGUNA"; el índice ICOMI presenta contaminación "NINGUNA" debido al bajo valor en la alcalinidad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación "NINGUNA" debido a que los valores no pasan de 8 unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación "NINGUNA" debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos.

**Tabla 127 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Quebrada Montalvo (mg/L P total)	
Aguas arriba	Aguas abajo
0.047	0.031
Eutrofia	Eutrofia

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

**La Tabla 127 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Quebrada Montalvo (mg/L P total)	
Aguas arriba	Aguas abajo
0.047	0.031
Eutrofia	Eutrofia

presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en la Quebrada Montalvo, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.047 aguas arriba y 0.031 aguas abajo, estos valores son lejanos de 1, lo que indica que la eutrofia es muy baja.

### Río Siquilá

El muestreo realizado en río Siquila se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo “100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho Pedregoso, con signos de intervención entrópica en sus márgenes, pendiente perceptible y con vegetación arbustiva, la Foto 250 corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

**Foto 250 Río Siquila.**



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A continuación en

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		RIO SIQUILA AGUAS ARRIBA	RIO SIQUILA AGUAS ABAJO	Artículo 38 Limite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Limite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Limite uso agrícola	Artículo 41 Limite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		144559	144560						
FECHA	D-M-A	06-ago-13	06-ago-13						
IN SITU	HORA	h:min	15:40	16:16					
	Temperatura de la Muestra	°C	18.9	18.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	unidades	8.43	8.58	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9
	Conductividad	uS/cm	94.4	99.4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	47.5	56.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	mg/L	7.8	7.87	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Caudal	L/S	3493.6						
	Turbiedad	NTU	9.35	11.4	N.E	190	N.E	N.E	N.E
	Color Verdadero	UPC	6	8	75	20	N.E	N.E	N.E
	ANÁLISIS DE LABORATORIO	Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	2.9	2.1	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total		mg/L CaCO <sub>3</sub>	39.9	40.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos		mg/L CaCO <sub>3</sub>	39.9	40.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros		mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E
Sulfatos		mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E
Fosfatos		mg/L PO <sub>4</sub> -3	0.011	0.014	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitratos		mg/L NO <sub>3</sub>	0.134	0.201	10	10	N.E	N.E	N.E
Nitritos		mg/L NO <sub>2</sub>	0.009	0.011	1	1	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal		mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E
Nitrogeno total		mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo inorgánico		mg/L P	0.019	0.022	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo orgánico		mg/L P	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total		mg/L P	0.025	0.031	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables		mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendedos Totales		mg/L	29	44	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales		mg/L	84	100	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO-5		mg/L O <sub>2</sub>	3	4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO		mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio		mg/L	3.24	3.97	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio		mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E
Hierro		mg/L	0.228	0.421	N.E	N.E	5	N.E	N.E
Plomo		mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E
Potasio		mg/L	0.874	0.846	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio		mg/L	1.98	1.66	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio		mg/L	0.00015	0.00016	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E
Cobre		mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E
Magnesio		mg/L	1.2	1.28	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio		mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E
Zinc		mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E
Niquel		mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	
Arsenico	mg/L	0.00030	0.00031	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	
Coliformes Totales	NMP/100mL	310	1000	20000	1000	5000*	N.E	1000	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	11	220	2000	N.E	1000*	N.E	200	

se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

### Análisis In situ y de laboratorio

La temperatura del cuerpo superficial fue de 18,9 °C aguas arriba y de 18,5 °C aguas abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 8,58 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 8,43 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 99,4 µS/cm aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 94,4 µS/cm, considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 50,1 mg/L y de 47,5

mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 7,87 mg/L en el punto aguas arriba y de 7,88 mg/L aguas abajo. El caudal del Río Siquilá fue de 3493,6 L/s.

### Turbiedad

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 9.35 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 11.4 NTU, considerándose como un agua ligeramente turbia, de acuerdo con este resultado el agua de la quebrada cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Color Verdadero

El Color Verdadero determinado en el punto de muestreo aguas arriba fue menor a 6 UPC y de 8 UPC aguas abajo, según este resultado el agua de la quebrada cumple con lo establecido en los artículos 38 y 39 Decreto 1594 de 1984.

### Acidez Total

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 2.9 mg/L CaCO<sub>3</sub> y de 2.1 mg/L CaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 39.9 mg/LCaCO<sub>3</sub> y 40.9 mg/LCaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones típicas de fuentes poco intervenidas, y acordes con los valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 3 mg/L y 4 mg/L aguas abajo, lo

que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

**Tabla 128 Resultados In situ y de laboratorio Río Siquilá**

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		RIO SIQUILA AGUAS ARRIBA	RIO SIQUILA AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		144559	144560						
FECHA	D-M-A	06-ago-13	06-ago-13						
HORA	h:min	15:40	16:16						
Temperatura de la Muestra	°C	18.9	18.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	unidades	8.43	8.58	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
Conductividad	uS/cm	94.4	99.4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	47.5	56.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.8	7.87	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Caudal	L/S	3493.6							
Turbiedad	NTU	9.35	11.4	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Color Verdadero	UPC	6	8	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	2.9	2.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	39.9	40.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	39.9	40.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> -3	0.011	0.014	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.134	0.201	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.009	0.011	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo inorgánico	mg/L P	0.019	0.022	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo orgánico	mg/L P	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total	mg/L P	0.025	0.031	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	29	44	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales	mg/L	84	100	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	3	4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio	mg/L	3.24	3.97	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Hierro	mg/L	0.228	0.421	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio	mg/L	0.874	0.846	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio	mg/L	1.98	1.66	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio	mg/L	0.00015	0.00016	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
Magnesio	mg/L	1.2	1.28	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E
Arsenico	mg/L	0.00030	0.00031	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
Coliformes Totales	NMP/100mL	310	1000	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
Coliformes Fecales	NMP/100mL	11	220	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E

NE: no especifica - Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua del rio en estos puntos. Este parámetro no se

encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales fue de 310 NMP/100mL y 11 NMP/100mL respectivamente en el punto aguas arriba. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 1000 NMP/100mL y 220 NMP/100mL. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad ganadera desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas, solo excede la norma los coliformes fecales del punto Aguas abajo para el artículos 42.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 129 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 129 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Siquila.**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.158</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.264</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.189		0.181	
I Coliformes totales	0.000		0.240	
I. DBO-5	0.284		0.371	
<b>ICOMI</b>	<b>0.122</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.130</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.243		0.261	
I. Alcalinidad	0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.120</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.186</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	8.43		8.58	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.067</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.112</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	29		44	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para el punto aguas arriba presentó un índice de contaminación “NINGUNA” y el punto aguas abajo presentó contaminación “BAJA” debido a la concentración de coliformes; el índice ICOMI presenta contaminación

“NINGUNA” debido al bajo valor en la alcalinidad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que los valores no pasan de 8 unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos.

**Tabla 130 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Río Siquila (mg/L P total)	
Aguas arriba	Aguas abajo
0.025	0.031
Eutrofia	Eutrofia

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

La Tabla 130 presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en la Río Siquila, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.025 aguas arriba y 0.031 aguas abajo, estos valores son lejanos de 1, lo que indica que la eutrofia es muy baja.

### Río Hereje

El muestreo realizado en río Hereje se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo “100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación. Tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho Pedregoso, con signos de intervención entrópica en sus márgenes, pendiente perceptible y con vegetación arbustiva y aguas de un particular color marrón, la Foto 251 corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

**Foto 251 Río Hereje**



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A continuación en la

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		RIO HEREJE AGUAS ARRIBA	RIO HEREJE AGUAS ABAJO	Artículo 38 Limite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Limite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Limite uso agricola	Artículo 41 Limite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		144565	144566						
FECHA	D-M-A	08-ago-13	08-ago-13						
HORA	h:min	12:34	12:45						
Temperatura de la Muestra	°C	14.6	15.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	unidades	8.20	7.76	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
Conductividad	uS/cm	35.4	35.7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	17.6	17.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.63	8.47	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Caudal	L/S	5200.4							
Turbiedad	NTU	8.49	15.2	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Color Verdadero	UPC	36	42	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.5	1.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	13.4	12.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	13.4	12.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros	mg/L Cl-	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos	mg/L SO <sub>4-2</sub>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Fosfatos	mg/L PO <sub>4-3</sub>	0.011	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.217	0.213	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.007	0.006	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo inorgánico	mg/L P	0.019	0.019	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo orgánico	mg/L P	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total	mg/L P	0.025	0.027	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	11	33	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales	mg/L	34	52	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	3	3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio	mg/L	1.03	1.05	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0.01	0.01	0.05	N.E	N.E
Hierro	mg/L	0.221	0.322	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0.05	0.05	5	0.1	N.E	N.E
Potasio	mg/L	0.347	0.394	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio	mg/L	0.682	0.616	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio	mg/L	0.00014	0.00016	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
Magnesio	mg/L	0.398	0.389	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E
Arsenico	mg/L	0.00029	0.00031	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
Coliformes Totales	NMP/100mL	24000	26000	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
Coliformes Fecales	NMP/100mL	500	1600	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E

se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

### **Análisis In situ y de laboratorio**

La temperatura del cuerpo superficial fue de 14,6 °C aguas arriba y de 15,1 °C aguas abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 8,20 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 7,70 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 35,4 µS/cm aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 35,7 µS/cm, considerándose

un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 17,6 mg/L y de 17,2 mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 8,63 mg/L en el punto aguas arriba y de 8,47 mg/L aguas abajo. El caudal del Río Hereje fue de 152056,3 L/s.

**Tabla 131 Resultados In situ y de laboratorio Río Hereje**

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
			RIO HEREJE AGUAS ARRIBA	RIO HEREJE AGUAS ABAJO	Artículo 38 Limite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Limite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Limite uso agrícola	Artículo 41 Limite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
	No. LABORATORIO		144565	144566						
	FECHA	D-M-A	08-ago-13	08-ago-13						
IN SITU	HORA	h:min	12:34	12:45						
	Temperatura de la Muestra	°C	14.6	15.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	unidades	8.20	7.76	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
	Conductividad	uS/cm	35.4	35.7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	17.6	17.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8.63	8.47	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Caudal	L/S	5200.4							
	Turbiedad	NTU	8.49	15.2	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
	Color Verdadero	UPC	36	42	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
	ANÁLISIS DE LABORATORIO	Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.5	1.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total		mg/L CaCO <sub>3</sub>	13.4	12.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos		mg/L CaCO <sub>3</sub>	13.4	12.8	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros		mg/L Cl-	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos		mg/L SO <sub>4</sub> -2	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Fosfatos		mg/L PO <sub>4</sub> -3	0.011	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitratos		mg/L NO <sub>3</sub>	0.217	0.213	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos		mg/L NO <sub>2</sub>	0.007	0.006	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal		mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrogeno total		mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo inorgánico		mg/L P	0.019	0.019	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo orgánico		mg/L P	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total		mg/L P	0.025	0.027	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables		mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendedos Totales		mg/L	11	33	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales		mg/L	34	52	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO-5		mg/L O <sub>2</sub>	3	3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO		mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio		mg/L	1.03	1.05	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio		mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0.01	0.01	0.05	N.E	N.E
Hierro		mg/L	0.221	0.322	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Plomo		mg/L	<0.05	<0.05	0.05	0.05	5	0.1	N.E	N.E
Potasio		mg/L	0.347	0.394	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio		mg/L	0.682	0.616	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio		mg/L	0.00014	0.00016	0.01	0.01	0.02	N.E	N.E	N.E
Cobre		mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
Magnesio		mg/L	0.398	0.389	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio		mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
Zinc		mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
Níquel		mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E	
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E	
Arsenico	mg/L	0.00029	0.00031	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E	
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente	
Coliformes Totales	NMP/100mL	24000	26000	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	500	1600	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E	

NE: no especifica Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Turbiedad

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 8.49 NTU, considerándose como un agua

ligeramente turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 15.2 NTU, considerándose como un agua ligeramente turbia, de acuerdo con este resultado el agua de la quebrada cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

#### Color Verdadero

El Color Verdadero determinado en el punto de muestreo aguas arriba fue de 36 UPC y de 42 UPC aguas abajo, según este resultado el agua de la quebrada no cumple con lo establecido en los artículos 39 Decreto 1594 de 1984.

#### Acidez Total

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 1.5 mg/L CaCO<sub>3</sub> y de 1.5 mg/L CaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

#### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 13.4 mg/LCaCO<sub>3</sub> y 12.8 mg/LCaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

#### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

#### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

#### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo, valores acorde con los bajos valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

#### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 3 mg/L y 3 mg/L aguas abajo, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua del río en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales fue de 24000 NMP/100mL y 500 NMP/100mL respectivamente en el punto aguas arriba, superando en los dos casos algún artículo del decreto referencia. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 26000 NMP/100mL y 1600 NMP/100mL, superando en los dos casos algún artículo del decreto referencia. Valores alto para este tipo de fuentes, se debe tener en cuenta la actividad ganadera desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

### ***Índices De Contaminación ICO.***

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 131 Se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 132 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Río Hereje**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.486</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.488</b>	<b>MEDIA</b>
I. Oxígeno %	0.173		0.180	
I Coliformes totales	1.000		1.000	
I. DBO-5	0.284		0.284	
<b>ICOMI</b>	<b>0.033</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.033</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.066		0.066	
I. Alcalinidad	0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.058</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.013</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	8.20		7.76	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.013</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.079</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	11		33	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para los dos puntos, aguas arriba y aguas abajo, presentó un índice de contaminación “MEDIA”, debido a la alta concentración de coliformes; el índice ICOMI presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la alcalinidad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que los valores no pasan de 8 unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos.

**Tabla 133 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Río Hereje (mg/L P total)	
Aguas arriba	Aguas abajo
0.025	0.027
<b>Eutrofia</b>	<b>Eutrofia</b>

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

La Tabla 133 presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en la Río Hereje, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.025 aguas arriba y 0.027 aguas abajo, estos valores son lejanos de 1, lo que indica que la eutrofia es muy baja.

### Quebrada Bejuquero

El muestreo realizado en la Quebrada Bejuquero se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo “100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho Pedregoso, sin signos de intervención antrópica en sus márgenes, pendiente perceptible y con vegetación arbustiva, Foto 252 corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

Foto 252 Q. Bejuquero.



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A continuación en la

QUEBRADA BEJUQUERO									
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		QUEBRADA BEJUQUERO	QUEBRADA BEJUQUERO	Artículo 38 Limite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Limite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Limite uso agricola	Artículo 41 Limite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		144563	144564						
FECHA	D-M-A	07-ago-13	07-ago-13						
HORA	h:min	10:00	10:24						
Temperatura de la Muestra	°C	9.5	9.6	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	unidades	8.11	8.25	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
Conductividad	uS/cm	29.1	29.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	14.6	15.3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.4	8.28	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Caudal	L/S	2527.7							
Turbiedad	NTU	5.01	4.93	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Color Verdadero	UPC	61	38	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.5	1.7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	11.5	11.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	11.5	11.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros	mg/L Cl-	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos	mg/L SO <sub>4-2</sub>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Fosfatos	mg/L PO <sub>4-3</sub>	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.021	0.142	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.009	0.008	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo inorgánico	mg/L P	0.016	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo orgánico	mg/L P	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total	mg/L P	0.020	0.014	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	19	43	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales	mg/L	36	64	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	2	3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio	mg/L	1.21	1.470	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Hierro	mg/L	0.163	0.417	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio	mg/L	0.166	0.179	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio	mg/L	0.498	0.600	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio	mg/L	0.00015	0.00016	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
Magnesio	mg/L	0.432	0.544	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E
Arsenico	mg/L	0.00030	0.00031	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
Coliformes Totales	NMP/100mL	70	11000	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<2	350	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E

se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles

### Análisis In situ y de laboratorio.

La temperatura del cuerpo superficial fue de 9,5 °C aguas arriba y de 9,0 °C aguas abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 8,11 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 8,25 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de

29,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 29,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 14,6 mg/L y de 15,3 mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 8,35 mg/L en el punto aguas arriba y de 8,28 mg/L aguas abajo. El caudal de la Quebrada Bejuquero fue de 2527,7 L/s.

### Turbiedad

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 5.1 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 4.93 NTU, considerándose como un agua poco turbia, de acuerdo con este resultado el agua de la quebrada cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Color Verdadero

El Color Verdadero determinado en el punto de muestreo aguas arriba fue de 61 UPC y de 38 UPC aguas abajo, según este resultado el agua de la fuente no cumple en los dos casos con lo establecido en el artículo 39 Decreto 1594 de 1984.

**Tabla 134 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada Bejuquero**

QUEBRADA BEJUQUERO									
PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		QUEBRADA BEJUQUERO	QUEBRADA BEJUQUERO	Artículo 38 Limite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Limite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Limite uso agrícola	Artículo 41 Limite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		144563	144564						
FECHA	D-M-A	07-ago-13	07-ago-13						
HORA	h:min	10:00	10:24						
Temperatura de la Muestra	°C	9.5	9.6	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	unidades	8.11	8.25	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
Conductividad	uS/cm	29.1	29.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	14.6	15.3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.4	8.28	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Caudal	L/S	2527.7							
Turbiedad	NTU	5.01	4.93	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Color Verdadero	UPC	61	38	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.5	1.7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	11.5	11.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	11.5	11.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> +2	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> -3	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.021	0.142	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.009	0.008	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo inorgánico	mg/L P	0.016	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo orgánico	mg/L P	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total	mg/L P	0.020	0.014	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	19	43	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales	mg/L	36	64	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	2	3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio	mg/L	1.21	1.470	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Hierro	mg/L	0.163	0.417	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio	mg/L	0.166	0.179	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio	mg/L	0.498	0.600	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio	mg/L	0.00015	0.00016	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
Magnesio	mg/L	0.432	0.544	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E
Arsenico	mg/L	0.00030	0.00031	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
Coliformes Totales	NMP/100mL	70	11000	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<2	350	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E

NE: no especifica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Acidez Total

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 1.7 mg/L CaCO<sub>3</sub> y de 1.7 mg/L CaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 11.5 mg/LCaCO<sub>3</sub> y 11.5 mg/LCaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo, valores acorde con los bajos valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 2 mg/L y 3 mg/L aguas abajo, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua del río en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto.

Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales presentaron concentraciones de 70 NMP/100mL y <2 NMP/100mL respectivamente en el punto aguas arriba. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 11000 NMP/100mL y 350 NMP/100mL. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad ganadera desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En Tabla 135 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 135 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q Bejuquero.**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.465</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.465</b>	<b>MEDIA</b>
I. Oxígeno %	0.283		0.289	
I Coliformes totales	0.000		0.823	
I. DBO-5	0.284		0.284	
<b>ICOMI</b>	<b>0.025</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.026</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.050		0.052	
I. Alcalinidad	0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.043</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.068</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	8.11		8.25	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.037</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.109</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	19		43	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para los dos puntos, aguas arriba y aguas abajo, presentó un índice de contaminación "MEDIA", debido a la concentración de coliformes; el índice ICOMI presenta contaminación "NINGUNA" debido al bajo valor en la alcalinidad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación "NINGUNA" debido a que los valores no pasan de 8 unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación "NINGUNA" debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos

**Tabla 136 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Quebrada Bejuquero (mg/L P total)	
Aguas arriba	Aguas abajo
0.020	0.014
<b>Mesotrofia</b>	<b>Mesotrofia</b>

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

La Tabla 136 presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en la Quebrada Bejuquero, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.020 aguas arriba y 0.014 aguas abajo, estos valores indican bajas concentraciones de fósforo en el cuerpo de agua.

### Quebrada El Triunfo

El muestreo realizado en la Quebrada El Triunfo se llevó a cabo en dos (2) puntos: “100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo” del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho Pedregoso, sin signos de intervención antrópica en sus márgenes, pendiente perceptible y con vegetación arbustiva, típica de sub paramo, la Foto 253 corresponde a los puntos de muestreo, y permiten una clara visualización de sus características físicas.

#### Foto 253 Quebrada El Triunfo.



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

A continuación en la Tabla 137 se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

#### **Análisis In situ y de laboratorio**

La temperatura del cuerpo superficial fue de 9,08 °C aguas arriba y de 8,87 °C aguas abajo, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 8,46 unidades aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 8,13 unidades, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 29,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aguas arriba y para el punto aguas abajo fue de 29,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales aguas arriba fueron de 13,6 mg/L y de 14,3 mg/L aguas abajo. La concentración de oxígeno disuelto fue de 7,82 mg/L en el punto aguas arriba y de 8,13 mg/L aguas abajo. El caudal de la Quebrada El Triunfo fue de 232,5 L/s.

### Turbiedad

La turbiedad determinada aguas arriba fue de 2.49 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en el punto monitoreado aguas abajo fue de 5.80 NTU, considerándose como un agua poco turbia, de acuerdo con este resultado el agua de la quebrada cumple con el artículo 39 del Decreto 1594 el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Color Verdadero

El Color Verdadero determinado en el punto de muestreo aguas arriba fue de 19 UPC y de 23 UPC aguas abajo, según este resultado el agua de la quebrada no cumple con el artículo 39 del decreto 1594 de 1984 en el punto aguas abajo.

### Acidez Total

La acidez determinada en el punto de muestreo aguas arriba fue de 1.2 mg/L CaCO<sub>3</sub> y de 1.4 mg/L CaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio aguas arriba fue de 9.7 mg/LCaCO<sub>3</sub> y 9.9 mg/LCaCO<sub>3</sub> aguas abajo, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Iones

La concentración de todos los iones evaluados, como lo son los cloruros, nitratos, fosfatos y sulfatos cumplen con lo establecido en los artículos 38 al 43 del Decreto 1594 de 1984, en el punto aguas arriba y en el punto aguas abajo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Sólidos

Los sólidos suspendidos, totales y sedimentables presentan concentraciones bajas aguas arriba y aguas abajo, valores acorde con los bajos valores de turbidez y color. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

**Tabla 137 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada El Triunfo**

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMAS, DEC. 1594/84					
		QUEBRADA EL TRIUNFO AGUAS ARRIBA	QUEBRADA EL TRIUNFO AGUAS ABAJO	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		144561	144562						
FECHA	D-MA	07-ago-13	07-ago-13						
HORA	h:min	08:28	08:58						
Temperatura de la Muestra	°C	9.08	8.87	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	unidades	8.46	8.13	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
Conductividad	uS/cm	29.3	29.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	13.6	14.3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.8	8.13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Caudal	L/S	232.5							
Turbiedad	NTU	2.49	5.8	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Color Verdadero	UPC	19	23	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
Acidez Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1.2	1.4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	9.7	9.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	9.7	9.9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros	mg/L Cl-	<1	<1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos	mg/L SO <sub>4-2</sub>	<4	<4	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Fosfatos	mg/L PO <sub>4-3</sub>	0.019	0.011	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	0.033	0.063	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0.011	0.009	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal	mg/L NH <sub>3</sub>	<1	<1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrogeno total	mg/L N	<1	<1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo inorgánico	mg/L P	0.035	0.020	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo orgánico	mg/L P	< 0.010	< 0.010	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total	mg/L P	0.044	0.025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables	mg/L	< 0.1	< 0.1	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	5	6	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales	mg/L	18	20	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO-5	mg/L O <sub>2</sub>	4	4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	<10	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio	mg/L	0.938	0.980	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cadmio	mg/L	<0.007	<0.007	0.01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Hierro	mg/L	0.118	0.127	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Plomo	mg/L	<0.05	<0.05	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio	mg/L	0.136	0.137	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio	mg/L	0.397	0.406	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio	mg/L	0.00014	0.00014	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Cobre	mg/L	<0.046	<0.046	1	1	0.2	N.E	N.E	N.E
Magnesio	mg/L	0.335	0.338	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio	mg/L	<0.0019	<0.00019	0.002	0.002	0.002	N.E	N.E	N.E
Zinc	mg/L	<0.009	<0.009	15	15	2	25	N.E	N.E
Niquel	mg/L	<0.054	<0.054	N.E.	N.E.	0.2	N.E	N.E	N.E
Plata	mg/L	<0.002	<0.002	0.05	0.05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Vanadio	mg/L	<0.082	<0.082	N.E.	N.E.	0.1	N.E	N.E	N.E
Arsenico	mg/L	0.00028	0.00028	0.05	0.05	0.1	0.2	N.E	N.E
Grasas y Aceites	mg/L	<0.50	<0.50	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
Coliformes Totales	NMP/100mL	430	2000	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
Coliformes Fecales	NMP/100mL	90	500	2000	N.E	1000*	N.E	200	N.E

NE: no especifica Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno aguas arriba fue de 4 mg/L y 4 mg/L aguas abajo, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno aguas arriba y aguas abajo fue menor a 10 mg/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua del río en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Metales

Los metales que generan daño en la salud como el mercurio y plomo presentan concentraciones bajas en el punto aguas arriba y aguas abajo, y cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984. Los demás metales evaluados también presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,50 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales y fecales fueron de 430 NMP/100mL y 90 NMP/100mL respectivamente, en el punto aguas arriba. En el punto aguas abajo presentaron concentraciones de 2000 NMP/100mL y 500 NMP/100mL. En este último caso se excedió la norma en sus decretos 39 y 42. Los valores registrados son típicos para este tipo de fuentes.

### ***Índices De Contaminación ICO.***

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 138 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 138 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO - Q El Triunfo.**

PARÁMETRO	AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.236</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.364</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.336		0.312	
I Coliformes totales	0.000		0.409	
I. DBO-5	0.371		0.409	
<b>ICOMI</b>	<b>0.025</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.025</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.051		0.051	
I. Alcalinidad	0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.131</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.046</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	8.46		8.13	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	5		6	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para los dos puntos, aguas arriba y aguas abajo, se presentó un índice de contaminación “BAJA” debido a la concentración de coliformes; el índice ICOMI presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la alcalinidad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de alcalinidad y conductividad por la falta de un valor de dureza). El índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que los valores están en el rango (5-9) unidades de pH y el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido al bajo valor en la concentración de sólidos suspendidos.

**Tabla 139 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Quebrada El Triunfo (mg/L P total)	
Aguas arriba	Aguas abajo
0.044	0.025
<b>Eutrofia</b>	<b>Eutrofia</b>

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

La Tabla 139 presenta el nivel de contaminación trófica para los dos puntos monitoreados en la Quebrada el Triunfo, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para los dos puntos, con índices de 0.044 aguas arriba y 0.025 aguas abajo, estos valores son lejanos de 1, lo que indica que la eutrofia es muy baja.

## Q. La Represa, Q. El Quebradon y Q. La Honda.

### Foto 254 Quebrada la Represa, Quebrada El Quebradon y Quebrada La honda.



Quebrada la Represa



Quebrada La honda



Quebrada el Quebradon



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente

### **Análisis In situ y de Laboratorio**

La temperatura del los cuerpos superficiales fue de 17°C Q. La Represa, 11.9°C Q. El Quebradon y 15.5 °C Q.La Honda, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 6.39, 6.5 y 6.55 unidades de pH respectivamente en cada punto, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 91  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q. La Represa, 21.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q. El Quebradon y 105.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q.La Honda, considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales fueron de 46.1, 12.3 y 53.6 mg/L respectivamente. La concentración de oxígeno disuelto fue de 7.73 mg/L en la Q. La Represa, 8.9 Q. El Quebradon y 8.03mg/L Q.La Honda.

A continuación en la Tabla 140se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

### Acidez Total

La acidez determinada en los puntos de muestreo fue de menor de 11 mg/L CaCO<sub>3</sub> en todos los cuerpos de agua, este parámetro no se encuentra regulado.

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio fue de 45.5 mg/LCaCO<sub>3</sub> Q. La Represa, 11 mg/LCaCO<sub>3</sub> Q. El Quebradon y 55 mg/LCaCO<sub>3</sub> Q. La Honda, este parámetro no se encuentra regulado.

### Amonio

La concentración de amonio en los tres puntos respectivamente es de 3.5, menor a 0.13 mgNH<sub>4</sub>/L en las otras dos Quebradas. Este parámetro no se encuentra regulado.

### Cloruros

La concentración de cloruros en todos los puntos de monitoreos es menor a 1.1 mg/L Cl-. Este parámetro se cumple, el límite es 250 mg/L Cl en el Decreto 1594.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales presentaron concentraciones de 36090 NMP/100mL, 121 NMP/100mL y 10112 NMP/100mL respectivamente en cada cuerpo de agua. En este parámetro no se cumple la norma vigente en la Q. La Represa y Q. La Honda. Coliformes fecales presentaron concentraciones de 200 NMP/100mL, menor a 1 NMP/100mL y 31 NMP/100mL. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno fue menor de 2 mg O<sub>2</sub>/L en cada uno de los puntos, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno fue de 76, 93 y 95 mg O<sub>2</sub>/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

**Tabla 140 Resultados In situ y de laboratorio Q. La Represa, Q. El Quebradon Y Q. La Honda**

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Q. La Represa	Q. El Quebradon	Q. La Honda	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
<b>No. LABORATORIO</b>	BO1301158.001	BO1301158.002	BO1301158.003						
<b>No. CIMA</b>	3513	3514	3415						
<b>FECHA</b>	30-nov-13	01-dic-13	01-dic-13						
<b>HORA</b>	14:50	7:00	10:00						
Temperatura de la Muestra	17,0	11,9	15,5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	6,39	6,50	6,55	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
Conductividad	91,0	21,5	105,3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Disueltos Totales	46,1	12,3	53,6	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno Disuelto	7,73	8,90	8,03	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables	<0,10	<0,10	<0,10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Acidez (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	<11	<11	<11	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	47	11	55	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Amonio (mg NH <sub>4</sub> /L) (A)	3,5	<0,13	<0,13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	47,0	11,0	55,0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros (mg Cl/L) (A)	<1,1	<1,1	<1,1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Coliformes Totales (NMP/100 mL) (A)	36090	121	10112	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L) (A)	<2	<2	<2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Demanda Química de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L) (A)	76	93	95	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Detergentes (mg SAAM/L) (A)	<0,04	0,049	0,512	0,5	0,5	N.E.	N.E	0,5	0,5
Escherichia coli (NMP/100 mL) (A)	200	<1	31	2000	N.E	1000	N.E	200	N.E
Fenoles Totales (mg Fenol/L) (A)	<0,075	<0,075	<0,075	0,002	0,002	N.E.	NE	0,002	NE
Fósforo Inorgánico (mg P/L)	0,048	0,030	<0,025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Orgánico (mg P/L) (A)	<0,025	<0,025	<0,025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total (mg P/L) (A)	0,053	<0,025	0,033	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Grasas y Aceites (mg GyA/L) (A)	<0,14	<0,14	<0,14	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
Nitratos como N-NO <sub>3</sub> (mg N-NO <sub>3</sub> /L) (A)	0,170	<0,03	0,050	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos como N-NO <sub>2</sub> (mg N-NO <sub>2</sub> /L) (A)	<0,007	<0,007	<0,007	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L) (A)	2,7	< 0,1	< 0,1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Q. La Represa	Q. Quebradon	Q. La Honda	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
<b>No. LABORATORIO</b>	BO1301158.00 1	BO1301158.00 2	BO1301158.00 3						
<b>No. CIMA</b>	3513	3514	3415						
<b>FECHA</b>	30-nov-13	01-dic-13	01-dic-13						
Olor (Aceptable / No aceptable)	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	N.E.	N.E.	N.E.	NE	NE	NE
Ortofosfatos como P-PO4 (mg P-PO4/L) (A)	0,039	<0,017	<0,017	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L) (A)	39	<5,50	<5,50	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales (mg ST/L) (A)	208	85	188	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos (mg SO4/L) (A)	835,0	36,9	7,6	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfuros (mg S-2/L) (A)	4,4	5,8	4,9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Turbiedad (NTU) (A)	15,0	0,71	0,77	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Huevos de Helminto (Huevos/L)	0	0	0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Arsénico Total (mg Metal/L) (A)	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E	N.E
Cadmio Total (mg Metal/L) (A)	<0,003	<0,003	<0,003	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Cobre Total (mg Metal/L) (A)	<0,05	<0,05	<0,05	1	1	0,2	N.E	N.E	N.E
Cromo Total (mg Metal/L) (A)	1,1	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	1	NE	NE
Hierro Total (mg Metal/L) (A)	1,56	0,29	0,14	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Magnesio Total (mg Metal/L) (A)	3,18	0,63	4,04	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio Total (mg Metal/L) (A)	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,002	0,002	0,002	N.E	N.E	N.E
Níquel Total (mg Metal/L) (A)	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	0,2	N.E	N.E	N.E
Plata Total (mg Metal/L) (A)	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Plomo Total (mg Metal/L) (A)	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio Total (mg Metal/L) (A)	1,69	<0,5	1,69	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio Total (mg Metal/L) (A)	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Sodio Total (mg Metal/L) (A)	62,1	1,278	7,115	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Zinc Total (mg Metal/L) (A)	<0,10	<0,10	<0,10	15	15	2	25	N.E	N.E
Nitrógeno Total (mg N/L) (A)	1,32	2,32	0,45	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

NE: no específica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Tensoactivos (Detergentes)

La concentración de este parámetro incumple la norma vigente que es 0.5 mg/L<sub>SAAM</sub>, en la Q. La Honda fue de 0.512 mg/L<sub>SAAM</sub> como valor máximo en los tres puntos.

### Fenoles Totales

En este parámetro el límite de la norma es de 0.002 mg/L, las concentraciones encontradas en máxima en los tres cuerpos de agua es de <0.075 mg/L, este valor es el límite mínimo de cuantificación del equipo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas en los cuerpos de agua evaluados. Estas variables no se encuentran normatizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los tres puntos de monitoreo fue menor a 0,14 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en estos puntos. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Nitrógeno

Estos parámetros comprenden de nitrógeno total, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. Nitrogeno total presenta una concentración máxima de 2.32 mg N/L. Los nitratos tienen una concentración de 0.17 mg/L-<sub>NO3</sub>, como máxima en los tres cuerpos de agua, este parámetro tiene un límite en la norma de 10 mg/L-<sub>NO3</sub>. Los nitritos y el nitrógeno amoniacal tienen concentraciones máximas en la Q. La Represa: <0.007 mg/L-<sub>NO2</sub> y 2.7 mg/L-<sub>NH3</sub> respectivamente, por tal motivo se cumple la norma 1594 que dice nitritos 1 mg/L-<sub>NO2</sub> y se incumple la normatividad en nitrógeno amoniacal que es de 1 mg/L-<sub>NH3</sub>.

### Olor

Este parámetro en los tres puntos se logra un resultado de ACEPTABLE, estos parámetros no están considerados en la normatividad vigente.

### Ortofosfatos

La concentración máxima de este parámetro es 0.039 mgP-PO4/L, este variable no se encuentra en el decreto 1594 de 1984.

### Sólidos Totales-Sólidos Sedimentables- Sólidos Suspendedos Totales.

La concentración de sólidos totales fue alta en los puntos, es de 208, 85 y 188 mg/L, respectivamente en cada cuerpo de agua. El Decreto 1594 no establece un límite para este parámetro. La concentración de sólidos sedimentables máximas en los tres puntos

no supera 0.1 mL-L. Este parámetro no se encuentra regulado en el Decreto 1594. El valor en la concentración de sólidos suspendidos totales en los tres puntos fue 39 mg/L, <5.5 mg/L y <5.5 mg/L, respectivamente. Valores ligeramente altos y acordes con los resultados de turbiedad. No existe límite para este parámetro en la normatividad ambiental vigente.

### Sulfatos

La concentración de sulfatos en los cuerpos superficiales fue muy alta en la Q. La Represa con un valor de 835 mg/L  $\text{SO}_4^{-2}$ , en las otras dos quebradas sus valores fueron de 36.9 y 7.6 mg/L  $\text{SO}_4^{-2}$ , últimos resultados que cumplen la norma, de esta manera este parámetro en la Q. La Represa no cumple, ya que el límite es de 400 mg/L  $\text{SO}_4^{-2}$ .

### Sulfuros

La Concentración de Sulfuros es respectivamente de 4.4, 5.8 y 4.9 mg S-2/L, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

### Turbiedad

La turbiedad determinada en la Q. La Represa fue de 15 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en la Q. El Quebradon fue de 0.71 NTU, considerándose como un agua muy poco turbia y 0.77 NTU la Q. la Honda, de acuerdo con este resultado se cumple con el artículo 39 del Decreto 1594, el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Huevos de Helminton

No se presentaron en los cuerpos de aguas superficiales, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

### Metales pesados

Los metales como Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo y Selenio se consideran pesados, en los cuerpos de agua el único metal que supera el límite de la norma es el cromo en la Q. La Represa, los demás metales cumplen con el límite de la norma en los tres puntos de monitoreo.

### Metales

Los otros metales como Zinc, Sodio, Potasio, Plata, Magnesio, Hierro, presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio. En la Tabla 141 se observan los

resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 141 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.**

PARÁMETRO	Q. La Represa		Q. El Quebradon		Q. La Honda	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.408</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.065</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.340</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.225		0.194		0.217	
I Coliformes totales	1.000		0.000		0.803	
I. DBO-5	0.000		0.000		0.000	
<b>ICOMI</b>	<b>0.116</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.017</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.153</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.232		0.034		0.282	
I. Alcalinidad	0.000		0.000		0.025	
<b>ICOPH</b>	<b>0.008</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.005</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	6.39		0.00		6.55	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.097</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	39		6		6	

Fuente: CIMA, 2013

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para la Quebrada La Represa presenta índice de contaminación "MEDIA" esto se le atribuye a la alta concentra de coliformes totales encontrada en este punto, las fuentes El Quebradon y La Honda presentaron índices de contaminación "NINGUNA" y "BAJA", respectivamente; los otros índices calculados en todos lo casos presentaron índices de contaminación "NINGUNA" los que indica la buena condición del recurso.

**Tabla 142 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Q. La Represa	Q. El Quebradon	Q. La Honda
<b>0.053</b>	<0.025	0.033
<b>Eutrofia</b>	Oligotrofia	Eutrofia

Fuente: CIMA, 2013.

La Tabla 142 presenta el nivel de contaminación trófica para los tres puntos monitoreados, en ella se evidencia un estado de Eutrofia para dos puntos, Q. La Honda y La Represa con índices de 0.053 y 0.033 respectivamente, estos valores son lejanos de 1 lo que indica que la eutrofia es muy baja.

## Arroyo La Holanda 1, Q. El Paso y Laguna Linda.

### Foto 255 Arroyo La Holanda 1, Quebrada El Paso y Laguna Linda.



Arrollo La Holanda 1



Quebrada El Paso



Laguna Linda



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente

### ***Análisis In Situ y de laboratorio***

La temperatura de los cuerpos superficiales fue de 16.2°C Arrollo La Holanda 1, 17.2°C Q. El Paso y 17.2 °C Laguna Linda, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 6.4, 6.8 y 7.2 unidades de pH respectivamente en cada punto, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 72.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Arrollo La Holanda 1, 34.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q. El Paso y 38.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Laguna Linda, considerándose un agua blanda; Los sólidos disueltos totales fueron de 35.6, 15.6 y 19.4 mg/L respectivamente. La concentración de oxígeno disuelto fue de 7.82 mg/L en el Arrollo La Holanda 1, 7.62 Q. El Pasoy 6.98 mg/L Laguna la Linda.

### ***Acidez Total***

La acidez determinada en los puntos de muestreo fue de menor de 11 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en

todos los cuerpos de agua, este parámetro no se encuentra regulado.

#### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio fue de 31 mg/LCaCO<sub>3</sub> Arrollo La Holanda 1, 21 mg/LCaCO<sub>3</sub> Q. El Paso y 22 mg/LCaCO<sub>3</sub> Laguna La Linda, este parámetro no se encuentra regulado.

#### Amonio

La concentración de amonio en los tres puntos respectivamente es menor de 0.13 mgNH<sub>4</sub>/L. Este parámetro no se encuentra regulado.

#### Cloruros

La concentración de cloruros en todos los puntos de monitoreos es menor a 1.1 mg/L Cl. Este parámetro se cumple, el límite es 250 mg/L Cl en el Decreto 1594.

#### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales presentaron concentraciones de 1904 NMP/100mL, MNPC (Muy numeroso para contar) y 15531 NMP/100mL respectivamente en cada cuerpo de agua. En este parámetro no se cumple la norma vigente en ninguno de los tres puntos. Coliformes fecales presentaron concentraciones de 20 NMP/100mL, 2495 NMP/100mL y <1 NMP/100mL, no cumple este parámetro Q. El Paso. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

#### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno fue menor de 2 mg O<sub>2</sub>/L en cada uno de los puntos, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

#### DQO

La Demanda Química de Oxígeno fue de 62, 38 y 95 mg O<sub>2</sub>/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

#### Tensoactivos (Detergentes)

La concentración de este parámetro no supera 0.058 mg/L<sub>SAAM</sub> como valor máximo en en los tres puntos, se cumple el límite de la normatividad vigente que es 0.5 mg/L<sub>SAAM</sub>

#### Fenoles Totales

En este parámetro el límite de la norma es de 0.002 mg/L, las concentraciones

encontradas en máxima en los tres cuerpos de agua es de  $<0.075$  mg/L, este valor es el límite mínimo de cuantificación del equipo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas en los cuerpos de agua evaluados. Estas variables no se encuentran normatizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los puntos de monitoreo fue menor a 0,14 mg/L, en la Arrollo La Holanda 1 y La Laguna la Honda, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en estos puntos. Además cumple con lo establecido en la normatividad. En cambio en la Q.el paso no se cumple con la norma, el parámetro tiene una concentración de 0.65 mg/L superior al límite.

### Nitrógeno total

Estos parámetros comprenden de nitrógeno total, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. Nitrógeno total presenta una concentración máxima de 1.72 mg N/L. Los nitratos tienen una concentración de 0.03 mg/L- $\text{NO}_3$ , como en los tres cuerpos de agua, este parámetro tiene un límite en la norma de 10 mg/L- $\text{NO}_3$ . Los nitritos y el nitrógeno amoniacal tienen concentraciones de  $<0.007$  mg/L- $\text{NO}_2$  y  $<0.1$  mg/L- $\text{NH}_3$  respectivamente en cada cuerpo de agua, por tal motivo se cumple la norma 1594 que dice nitritos 1 mg/L- $\text{NO}_2$  y en nitrógeno amoniacal que es de 1 mg/L- $\text{NH}_3$ .

### Olor

Este parámetro en los tres puntos se logra un resultado de ACEPTABLE, estos parámetros no están considerados en la normatividad vigente.

### Ortofosfatos

La concentración máxima de este parámetro es 0.036 mgP- $\text{PO}_4$ /L, este variable no se encuentra en el decreto 1594 de 1984.

**Tabla 143 Resultados In situ y de laboratorio Arrollo La Holanda, Q. El Paso Y Laguna Linda**

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84						
	Arrollo Holanda 1	La Q. El Paso	Laguna Linda	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario	
No. LABORATORIO	BO1301158.004	BO1301216.001	BO1301216.002							
No. CIMA	3516	3807	3808							
FECHA	01-dic-13	20-dic-13	21-dic-13							
HORA	13:00	9:30	11:45							
IN SITU	Temperatura de la Muestra	16,2	17,7	17,2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	6,40	6,80	7,20	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
	Conductividad	72,2	34,4	38,5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	35,6	15,6	19,4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	7,82	7,62	6,98	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Sedimentables	<0,10	<0,10	<0,10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Acidez (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	<11	<11	<11	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	31	21	22	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Amonio (mg NH <sub>4</sub> /L) (A)	<0,13	<0,13	<0,13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Bicarbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	31,0	21,0	22,0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cloruros (mg Cl/L) (A)	<1,1	<1,1	<1,1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
	Coliformes Totales (NMP/100 mL) (A)	1904	>MNPC	15531	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L) (A)	<2	<2	<2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Demanda Química de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L) (A)	62	38	29	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Detergentes (mg SAAM/L) (A)	0,058	<0,04	<0,04	0,5	0,5	N.E.	N.E	0,5	0,5
	Escherichia coli (NMP/100 mL) (A)	20	2495	<1	2000	N.E	1000	N.E	200	N.E
	Fenoles Totales (mg Fenol/L) (A)	<0,075	<0,075	<0,075	0,002	0,002	N.E.	NE	0,002	NE
Fósforo Inorgánico (mg P/L)	0,052	<0,025	0,028	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Arrollo Holanda 1	La Q. El Paso	Laguna Linda	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO	BO1301158.004	BO1301216.001	BO1301216.002						
No. CIMA	3516	3807	3808						
FECHA	01-dic-13	20-dic-13	21-dic-13						
HORA	13:00	9:30	11:45						
Fósforo Orgánico (mg P/L) (A)	<0,025	<0,025	<0,025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total (mg P/L) (A)	0,067	<0,025	0,038	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Grasas y Aceites (mg GyA/L) (A)	<0,14	0,65	<0,14	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
Nitratos como N-NO3 (mg N-NO3/L) (A)	<0,030	<0,030	<0,030	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos como N-NO2 (mg N-NO2/L) (A)	<0,007	<0,007	<0,007	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal (mg N-NH3/L) (A)	<0,10	<0,10	<0,10	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Olor (Aceptable / No aceptable)	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	N.E.	N.E.	N.E.	NE	NE	NE
Ortofosfatos como P-PO4 (mg P-PO4/L) (A)	0,036	<0,017	<0,017	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L) (A)	<5,5	<5,5	<5,5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales (mg ST/L) (A)	166	44	23	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos (mg SO4/L) (A)	13,4	<1,3	4,1	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfuros (mg S-2/L) (A)	4,0	<0,2	<0,2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Turbiedad (NTU) (A)	2,39	0,29	0,20	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Huevos de Helminto (Huevos/L)	0	0	0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Arsénico Total (mg Metal/L) (A)	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E	N.E
Cadmio Total (mg Metal/L) (A)	<0,003	<0,003	<0,003	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Arrollo Holanda 1	La Q. El Paso	Laguna Linda	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO	BO1301158.004	BO1301216.001	BO1301216.002						
No. CIMA	3516	3807	3808						
FECHA	01-dic-13	20-dic-13	21-dic-13						
HORA	13:00	9:30	11:45						
Cobre Total (mg Metal/L) (A)	<0,05	<0.05	<0.05	1	1	0,2	N.E	N.E	N.E
Cromo Total (mg Metal/L) (A)	<0,05	<0.05	<0.05	0,05	0,05	0,1	1	NE	NE
Hierro Total (mg Metal/L) (A)	0,48	<0.05	<0.05	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Magnesio Total (mg Metal/L) (A)	1,94	0,76	<0.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio Total (mg Metal/L) (A)	<0,0006	<0.0006	<0.0006	0,002	0,002	0,002	N.E	N.E	N.E
Níquel Total (mg Metal/L) (A)	<0,1	<0.1	<0.1	N.E.	N.E.	0,2	N.E	N.E	N.E
Plata Total (mg Metal/L) (A)	<0,01	<0.01	<0.01	0,05	0,05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Plomo Total (mg Metal/L) (A)	<0,01	<0.01	<0.01	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio Total (mg Metal/L) (A)	1,58	<0.5	<0.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio Total (mg Metal/L) (A)	<0,01	<0.01	<0.01	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Sodio Total (mg Metal/L) (A)	7,191	0,948	<0.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Zinc Total (mg Metal/L) (A)	<0,10	<0.1	<0.1	15	15	2	25	N.E	N.E
Nitrógeno Total (mg N/L) (A)	1,32	1,71	1,04	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

NE: no específica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Sólidos Totales-Sólidos Sedimentables- Sólidos Suspendidos Totales.

La concentración de sólidos totales es baja en los puntos, fue de 166, 44 y 23 mg/L, respectivamente en cada cuerpo de agua. El Decreto 1594 no establece un límite para este parámetro. La concentración de sólidos sedimentables máximas en los tres puntos no supera 0.1 mL-L. Este parámetro no se encuentra regulado en el Decreto 1594. El valor en la concentración de sólidos suspendidos totales en los tres puntos fue <5.5 mg/L, respectivamente. Valores ligeramente bajos y acordes con los resultados de turbiedad. No existe límite para este parámetro en la normatividad ambiental vigente.

### Sulfatos

La concentración de sulfatos en los cuerpos superficiales fue relativamente alta en la Arrollo La Holanda 1 con un valor de 13.4 mg/L  $SO_4^{-2}$ , en las otras puntos de muestreo sus valores son de <1.3 y 4.1 mg/L  $SO_4^{-2}$ . En todos los cuerpos de agua se cumplen la norma, ya que el límite es de 400 mg/L  $SO_4^{-2}$ .

### Sulfuros

La Concentración de Sulfuros es respectivamente de 4, <0.2 y <0.2 mg S-2/L, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

### Turbiedad

La turbiedad determinada en la Arrollo La Holanda 1 fue de 2.39 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en la Q. El Paso fue de 0.29 NTU, considerándose como un agua muy poco turbia y 0.20 NTU la Laguna la Linda, de acuerdo con este resultado se cumple con el artículo 39 del Decreto 1594, el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Huevos de Helminton

No se presentaron en los cuerpos de aguas superficiales, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

### Metales pesados

Los metales como Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo y Selenio se consideran pesados cumplen con el límite de la norma en los tres puntos de monitoreo.

### Metales

Los otros metales como Zinc, Sodio, Potasio, Plata, Magnesio, Hierro, presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### Índices De Contaminación ICO.

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 144 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 144 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.**

PARÁMETRO	Q. El Paso		Laguna Linda		Arrollo La Holanda 1	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.409</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.402</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.208</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.227		0.299		0.227	
I Coliformes totales	1.000		0.907		0.397	
I. DBO-5	0.000		0.000		0.000	
<b>ICOMI</b>	<b>0.031</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.037</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.085</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.063		0.073		0.170	
I. Alcalinidad	0.000		0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.002</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.002</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.008</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	6.80		7.20		6.40	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	6		6		6	

Fuente: CIMA, 2013.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para la Quebrada El Paso y la Laguna Linda fue "MEDIA" esto debido a la concentración de coliformes totales, para el caso del arrollo La Holanda este índice de contaminación fue "BAJO"; Los otros índices calculados en los tres puntos arrojaron contaminación "NINGUNA".

## Quebradas Albania 1, Amarillita Y El Venado

### Foto 16 Quebradas Albania 1, Amarillita Y El Venado.



Quebrada El Venado 1



Quebrada amarillita



Quebrada Albania 1



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente 2013

### ***Análisis In Situ y de laboratorio***

La temperatura de los cuerpos superficiales fue de 10.5°C Q. Albania 1, 12.5°C Q. Amarillita y 11.2°C Q. Venado, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 6.7, 7.26 y 7.45 unidades de pH respectivamente en cada punto, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 21.03  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q. Albania 1, 8.68  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q. Amarillita y 9.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q. El Venado, considerándose aguas blandas; Los sólidos disueltos totales fueron de 9.6, 4.6 y 5.2 mg/L respectivamente. La concentración de oxígeno disuelto fue de 8.05 mg/L en la Q. Albania 1, 7.87 C Q. Amarillita y 8.51 mg/L Q. Venado.

### ***Acidez Total***

La acidez determinada en los puntos de muestreo fue de menor de 11 mg/L  $\text{CaCO}_3$  en todos los cuerpos de agua, este parámetro no se encuentra regulado

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio fue de 15 mg/LCaCO<sub>3</sub> Q. Albania 1, 7.1 mg/LCaCO<sub>3</sub> Q. Amarillita y <5 mg/LCaCO<sub>3</sub> Q. El Venado, este parámetro no se encuentra regulado.

### Amonio

La concentración de amonio en los tres puntos respectivamente es menor de 0.13 mgNH<sub>4</sub>/L. Este parámetro no se encuentra regulado.

### Cloruros

La concentración de cloruros en todos los puntos de monitoreos es menor a 1.1 mg/L Cl-. Este parámetro se cumple, el límite es 250 mg/L Cl en el Decreto 1594.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales presentaron concentraciones de 116 NMP/100mL, MNPC (Muy numeroso para contar) y 2755 NMP/100mL respectivamente en cada cuerpo de agua. En este parámetro no se cumple la norma vigente en las Quebradas Amarillita y El Venado. Coliformes fecales presentaron concentraciones de <1 NMP/100mL, 145 NMP/100mL y 546 NMP/100mL, no cumple este parámetro Q. El Venado. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

**Tabla 145 Resultados In situ y de laboratorio Quebradas Albania 1, Amarillita Y El Venado**

	PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
		Q. Albania 1.	Q. Amarillita	Q. El Venado	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
	No. LABORATORIO	BO1400132.001	BO1400132.002	BO1400132.003						
	No. CIMA	4061	4062	4063						
	FECHA	2014-01-08	2014-01-08	2014-01-08						
	HORA	14:27	15:55	14:46						
IN SITU	Temperatura de la Muestra	10,5	12,5	11,2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	6,70	7,26	7,45	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
	Conductividad	21,03	8,68	9,90	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	9,60	4,60	5,20	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	8,05	7,87	8,51	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Sedimentables	<0,10	<0,10	<0,10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Acidez (mg CaCO3/L) (A)	<11	<11	<11	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Alcalinidad Total (mg CaCO3/L) (A)	15	7,1	<5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Amonio (mg NH4/L) (A)	<0.13	<0.13	<0.13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Bicarbonatos (mg CaCO3/L) (A)	15,0	7,1	<5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cloruros (mg Cl/L) (A)	<1,1	<1,1	<1,1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
	Coliformes Totales (NMP/100 mL) (A)	160	>MNPC	2755	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O2/L) (A)	2,40	2,40	<2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Demanda Química de Oxígeno (mg O2/L) (A)	43	58	50	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Detergentes (mg SAAM/L) (A)	<0.04	<0.04	<0.04	0,5	0,5	N.E.	N.E	0,5	0,5
	Escherichia coli (NMP/100 mL) (A)	<1,0	145	546	2000	N.E	1000	N.E	200	N.E
	Fenoles Totales (mg Fenol/L) (A)	<0,075	<0,075	<0,075	0,002	0,002	N.E.	NE	0,002	NE
	Fósforo Inorgánico (mg P/L)	<0,025	<0,025	<0,025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo Orgánico (mg P/L) (A)	<0,025	<0,025	<0,025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo Total (mg P/L) (A)	<0,025	<0,025	<0,025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Grasas y Aceites (mg GyA/L) (A)	<0.14	<0.14	<0.14	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
	Nitratos como N-NO3 (mg N-NO3/L) (A)	<0.03	<0.03	<0.03	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitritos como N-NO2 (mg N-NO2/L) (A)	<0.007	<0.007	<0.007	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
	Nitrógeno Amoniacal (mg N-NH3/L) (A)	<0.10	<0.10	<0.10	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
	Olor (Aceptable / No aceptable)	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	N.E.	N.E.	N.E.	NE	NE	NE
	Ortofosfatos como P-PO4 (mg P-PO4/L) (A)	<0.017	<0.017	<0.017	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L) (A)	<5.5	<5.5	<5.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Sólidos Totales (mg ST/L) (A)	7	8	16	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Q. Albania 1.	Q. Amarillita	Q. El Venado	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO	BO1400132.001	BO1400132.002	BO1400132.003						
No. CIMA	4061	4062	4063						
FECHA	2014-01-08	2014-01-08	2014-01-08						
HORA	14:27	15:55	14:46						
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> /L) (A)	<1.3	<1.3	<1.3	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfuros (mg S-2/L) (A)	1,2	1,4	1,5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Turbiedad (NTU) (A)	0,68	0,72	1,58	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Huevos de Helminto (Huevos/L)	0	0	0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Arsénico Total (mg Metal/L) (A)	<0.05	<0.05	<0.05	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E	N.E
Cadmio Total (mg Metal/L) (A)	<0.003	<0.003	<0.003	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Cobre Total (mg Metal/L) (A)	<0.05	<0.05	<0.05	1	1	0,2	N.E	N.E	N.E
Cromo Total (mg Metal/L) (A)	<0.05	<0.05	<0.05	0,05	0,05	0,1	1	NE	NE
Hierro Total (mg Metal/L) (A)	0,18	0,25	0,50	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Magnesio Total (mg Metal/L) (A)	0,91	<0.5	<0.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio Total (mg Metal/L) (A)	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0,002	0,002	0,002	N.E	N.E	N.E
Níquel Total (mg Metal/L) (A)	<0.1	<0.1	<0.1	N.E.	N.E.	0,2	N.E	N.E	N.E
Plata Total (mg Metal/L) (A)	<0.01	<0.01	<0.01	0,05	0,05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Plomo Total (mg Metal/L) (A)	<0.01	<0.01	<0.01	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio Total (mg Metal/L) (A)	<0.5	<0.5	<0.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio Total (mg Metal/L) (A)	<0.01	<0.01	<0,01	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Sodio Total (mg Metal/L) (A)	2,336	0,688	0,822	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Zinc Total (mg Metal/L) (A)	<0.1	<0.1	<0.1	15	15	2	25	N.E	N.E
Nitrógeno Total (mg N/L) (A)	4,03	2,91	3,81	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

NE: no específica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno fue menor de 2.4 mg O<sub>2</sub>/L en cada uno de los puntos, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno fue de 43, 58 y 50 mg O<sub>2</sub>/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Tensoactivos (Detergentes)

La concentración de este parámetro no supera 0.04 mg/L<sub>SAAM</sub> como valor en los tres puntos, se cumple el límite de la normatividad vigente que es 0.5 mg/L<sub>SAAM</sub>

### Fenoles Totales

En este parámetro el límite de la norma es de 0.002 mg/L, las concentraciones encontradas en máxima en los tres cuerpos de agua es de <0.075 mg/L, este valor es el límite mínimo de cuantificación del equipo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas en los cuerpos de agua evaluados. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los puntos de monitoreo fue menor a 0,14 mg/L, en los tres cuerpos de agua, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en estos puntos. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Nitrógeno total

Estos parámetros comprenden de nitrógeno total, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. Nitrogeno total presenta una concentración máxima de 4.03 mg N/L. Los nitratos tienen una concentración de 0.03 mg/L<sub>-NO<sub>3</sub></sub>, como en los tres cuerpos de agua, este parámetro tiene un límite en la norma de 10 mg/L<sub>-NO<sub>3</sub></sub>. Los nitritos y el nitrógeno amoniacal tienen concentraciones de <0.007 mg/L<sub>-NO<sub>2</sub></sub> y <0.1 mg/L<sub>-NH<sub>3</sub></sub> respectivamente en cada cuerpo de agua, por tal motivo se cumple la norma 1594 que dice nitritos 1 mg/L<sub>-NO<sub>2</sub></sub> y en nitrógeno amoniacal que es de 1 mg/L<sub>-NH<sub>3</sub></sub>.

### Olor

Este parámetro en los tres puntos se logra un resultado de ACEPTABLE, estos parámetros no están considerados en la normatividad vigente.

### Ortofosfatos

La concentración de este parámetro es  $<0.017$  mgP-PO<sub>4</sub>/L, en cada uno de los puntos, este variable no se encuentra en el decreto 1594 de 1984.

### Sólidos Totales-Sólidos Sedimentables- Sólidos Suspendedos Totales.

La concentración de sólidos totales es baja en los puntos, fue de 7, 8 y 16 mg/L, respectivamente en cada cuerpo de agua. El Decreto 1594 no establece un límite para este parámetro. La concentración de sólidos sedimentables máximas en los tres puntos no supera 0.1 mL-L. Este parámetro no se encuentra regulado en el Decreto 1594. El valor en la concentración de sólidos suspendidos totales en los tres puntos fue  $<5.5$  mg/L, respectivamente. Valores ligeramente bajos y acordes con los resultados de turbiedad. No existe límite para este parámetro en la normatividad ambiental vigente.

### Sulfatos

La concentración de sulfatos fue la misma en todos los puntos con un valor de  $<1.3$  mg/L SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>. En todos los cuerpos de agua se cumplen la norma, ya que el límite es de 400 mg/L SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>.

### Sulfuros

La Concentración de Sulfuros es respectivamente de 1.2, 1.4 y 1.5 mg S<sup>-2</sup>/L, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

### Turbiedad

La turbiedad determinada en la Q. La Albania 1 fue de 0.68 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en la Q. Amarillita fue de 0.72 NTU, considerándose como un agua muy poco turbia y 1.58 NTU Q. El Venado. De acuerdo con este resultado se cumple con el artículo 39 del Decreto 1594, el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Huevos de Helminton

No se presentaron en los cuerpos de aguas superficiales, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

### Metales pesados

Los metales como Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo y Selenio se consideran pesados cumplen con el límite de la norma en los tres puntos de monitoreo.

### Metales

Los otros metales como Zinc, Sodio, Potasio, Plata, Magnesio, Hierro, presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 146 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 146 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.**

PARÁMETRO	Q. Albania 1.		Q. Amarillita		Q. El Venado	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.170</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.498</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.243</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.294		0.279		0.241	
I Coliformes totales	0.000		1.000		0.486	
I. DBO-5	0.216		0.216		0.000	
<b>ICOMI</b>	<b>0.016</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.005</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.006</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.033		0.010		0.012	
I. Alcalinidad	0.000		0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.003</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.002</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.005</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	6.70		7.26		7.45	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	6		6		6	

Fuente: CIMA, 2013.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para la Quebrada Albania 1, La Amarilla y El Venado, fueron "NINGUNA", "MADIA" y "BAJA " respectivamente, es de resaltar el caso de la Q. Amarilla que presento una concentración alta de coliformes totales y por ende el ICOMO fue "MEDIO"; los otros índices calculados en los tres puntos arrojaron contaminación "NINGUNA ".

**Tabla 147 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

Q. Albania 1.	Q. Amarillita	Q. El Venado
<0.025	<0.025	<0.025
Oligotrofia	Oligotrofia	Oligotrofia

Fuente: CIMA, 2013.

La Tabla 147 presenta el nivel de contaminación trófica para los tres puntos monitoreados, en ella se ve que los tres puntos presentan Oligotrofia, evidencia de la buena condición del recurso.

**Quebrada La Cascada, Q. El Auxilio, Ciénaga El Purgatorio.**

**Foto 256 Quebrada La Cascada, Q. El Auxilio, Ciénaga El Purgatorio**



Quebrada El Auxilio



Ciénaga El purgatorio



Quebrada La cascada



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente

**Análisis In Situ y de Laboratorio.**

La temperatura de los cuerpos superficiales fue de 11.6°C Q. La Cascada, 12.6°C Q. El Auxilio y 11.9°C Ciénaga El Purgatorio, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 7.46, 7.65 y 6.85 unidades de pH respectivamente en cada punto, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 21.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q. La Cascada 1, 41.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q. El Auxilio y 21.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Ciénaga El Purgatorio, considerándose aguas blandas; Los sólidos disueltos totales fueron de 11.4, 20.9 y 10.7 mg/L respectivamente. La concentración de oxígeno

disuelto fue de 7.96 mg/L en la Q. La Cascada, 8.08 mg/L Q. El Auxilio y 8.53 mg/L Ciénaga El Purgatorio.

**Tabla 148 Resultados In situ y de laboratorio, Q. La Cascada, Q. El Auxilio, Cienaga El Purgatorio.**

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Q. La Cascada	Q. El Auxilio	Cienaga el Purgatorio.	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO	BO1400132.004	BO1400132.005	BO1400132.006						
No. CIMA	4064	4065	4066						
FECHA	09-ene-14	10-ene-14	10-ene-14						
HORA	11:49	16:17	15:34						
<b>IN SITU</b>									
Temperatura de la Muestra	11,6	12,6	11,9	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	7,46	7,65	6,85	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
Conductividad	21,0	41,0	21,6	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Disueltos Totales	11,4	20,9	10,7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno Disuelto	7,96	8,08	8,53	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Sedimentables	<0,10	<0,10	<0,10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
<b>ANÁLISIS DE LABORATORIO</b>									
Acidez (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	<11	<11	<11	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	10	19	11	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Amonio (mg NH <sub>4</sub> /L) (A)	<0.13	<0.13	<0.13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	10,0	19,0	11,0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros (mg Cl/L) (A)	<1.1	<1.1	<1.1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Coliformes Totales (NMP/100 mL) (A)	148	1046	2359	20000	1000	5000*	N.E	1000	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L) (A)	4	<2	<2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Demanda Química de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L) (A)	57	45	12	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Detergentes (mg SAAM/L) (A)	<0,04	0,070	<0,040	0,5	0,5	N.E.	N.E	0,5	0,5
Escherichia coli (NMP/100 mL) (A)	1,000	<1	41	2000	N.E	1000	N.E	200	N.E
Fenoles Totales (mg Fenol/L) (A)	<0.075	<0.075	<0.075	0,002	0,002	N.E.	NE	0,002	NE
Fósforo Inorgánico (mg P/L)	<0.025	<0.025	<0.025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Orgánico (mg P/L) (A)	<0.025	<0.025	<0.025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Fósforo Total (mg P/L) (A)	<0.025	<0.025	<0.025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Grasas y Aceites (mg GyA/L) (A)	<0.14	0,15	0,51	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente	Ausente
Nitratos como N-NO <sub>3</sub> (mg N-NO <sub>3</sub> /L) (A)	<0.03	<0.03	<0.03	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos como N-NO <sub>2</sub> (mg N-NO <sub>2</sub> /L) (A)	<0.007	0,007	<0.007	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L) (A)	<0.10	< 0,1	< 0,1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Q. La Cascada	Q. El Auxilio	Ciénaga el Purgatorio.	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO	BO1400132.004	BO1400132.005	BO1400132.006						
No. CIMA	4064	4065	4066						
FECHA	09-ene-14	10-ene-14	10-ene-14						
HORA	11:49	16:17	15:34						
Olor (Aceptable / No aceptable)	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	N.E.	N.E.	N.E.	NE	NE	NE
Ortofosfatos como P-PO4 (mg P-PO4/L) (A)	<0,017	<0,017	<0,017	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L) (A)	<5.5	<5.5	<5.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Totales (mg ST/L) (A)	<5.7	<5.7	7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos (mg SO4/L) (A)	10,7	16,1	<1.3	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfuros (mg S-2/L) (A)	1,6	1,6	1,4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Turbiedad (NTU) (A)	<0,25	0,21	0,73	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Huevos de Helminto (Huevos/L)	0	0	0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Arsénico Total (mg Metal/L) (A)	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E	N.E
Cadmio Total (mg Metal/L) (A)	<0,003	<0,003	<0,003	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Cobre Total (mg Metal/L) (A)	<0,05	<0,05	<0,05	1	1	0,2	N.E	N.E	N.E
Cromo Total (mg Metal/L) (A)	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	1	NE	NE
Hierro Total (mg Metal/L) (A)	0,13	0,20	0,20	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Magnesio Total (mg Metal/L) (A)	<0,5	0,67	0,53	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio Total (mg Metal/L) (A)	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,002	0,002	0,002	N.E	N.E	N.E
Níquel Total (mg Metal/L) (A)	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	0,2	N.E	N.E	N.E
Plata Total (mg Metal/L) (A)	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Plomo Total (mg Metal/L) (A)	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio Total (mg Metal/L) (A)	<0,5	<0,5	<0,5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio Total (mg Metal/L) (A)	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Sodio Total (mg Metal/L) (A)	<0,5	0,862	0,895	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Zinc Total (mg Metal/L) (A)	<0,1	<0,1	<0,1	15	15	2	25	N.E	N.E
Nitrógeno Total (mg N/L) (A)	2,8	2,63	3,36	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

NE: no específica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Acidez Total

La acidez determinada en los puntos de muestreo fue de menor de 11 mg/L CaCO<sub>3</sub> en todos los cuerpos de agua, este parámetro no se encuentra regulado

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio fue de 10 mg/LCaCO<sub>3</sub>, Q. la Cascada 1, 19 mg/LCaCO<sub>3</sub> Q. El Auxilio y 11 mg/LCaCO<sub>3</sub> Ciénaga El Purgatorio, este parámetro no se encuentra regulado.

### Amonio

La concentración de amonio en los tres puntos respectivamente es <0.13 mgNH<sub>4</sub>/L. Este parámetro no se encuentra regulado.

### Cloruros

La concentración de cloruros en todos los puntos de monitoreos es menor a 1.1 mg/L Cl. Este parámetro se cumple, el límite es 250 mg/L Cl en el Decreto 1594.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales presentaron concentraciones de 148 NMP/100mL, 1046 NMP/100mL y 2359 NMP/100mL respectivamente en cada cuerpo de agua. En este parámetro no se cumple la norma vigente en las Q. El Auxilio y en la Ciénaga el Purgatorio. Coliformes fecales presentaron concentraciones de 1000 NMP/100mL, <1 NMP/100mL y 41 NMP/100mL, no cumple este parámetro el Q. La Cascada. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno máxima fue 4 mg O<sub>2</sub>/L en los puntos, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno fue de 57, 45 y 12 mg O<sub>2</sub>/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Tensoactivos (Detergentes)

La concentración de este parámetro no supera 0.07 mg/L<sub>SAAM</sub> como valor en los tres puntos, se cumple el límite de la normatividad vigente que es 0.5 mg/L<sub>SAAM</sub>

### Fenoles Totales

En este parámetro el límite de la norma es de 0.002 mg/L, las concentraciones encontradas en máxima en los tres cuerpos de agua es de <0.075 mg/L, este valor es el límite mínimo de cuantificación del equipo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas en los cuerpos de agua evaluados. Estas variables no se encuentran normalizadas en el Decreto 1594 de 1984.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los puntos de monitoreo: fue menor a 0,14 mg/L, en el punto Q. la cascada, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en este punto, además cumple con lo establecido en la normatividad. En cambio en los otros dos puntos Q. El Auxilio y Ciénaga EL Purgatorio no cumplen con la norma, ya que tienen concentraciones de 0.15 y 0.51 mg/L, respectivamente.

### Nitrógeno total

Estos parámetros comprenden nitrógeno total, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. Nitrógeno total presenta una concentración máxima de 3.36 mg N/L. Los nitratos tienen una concentración de 0.03 mg/L- $\text{NO}_3$ , como en los tres cuerpos de agua, este parámetro tiene un límite en la norma de 10 mg/L- $\text{NO}_3$ . Los nitritos y el nitrógeno amoniacal tienen concentraciones de <0.007 mg/L- $\text{NO}_2$  y <0.1 mg/L- $\text{NH}_3$  respectivamente en cada cuerpo de agua, por tal motivo se cumple la norma 1594 que dice nitritos 1 mg/L- $\text{NO}_2$  y en nitrógeno amoniacal que es de 1 mg/L- $\text{NH}_3$ .

### Olor

Este parámetro en los tres puntos se logra un resultado de ACEPTABLE, estos parámetros no están considerados en la normatividad vigente.

### Ortofosfatos

La concentración de este parámetro es <0.017 mgP- $\text{PO}_4$ /L, en cada uno de los puntos, este variable no se encuentra en el decreto 1594 de 1984.

### Sólidos Totales-Sólidos Sedimentables- Sólidos Suspendidos Totales.

La concentración de sólidos totales es baja en los puntos, fue de 5.7, 5.7 y 7 mg/L, respectivamente en cada cuerpo de agua. El Decreto 1594 no establece un límite para este parámetro. La concentración de sólidos sedimentables máximas en los tres puntos no supera 0.1 mL-L. Este parámetro no se encuentra regulado en el Decreto 1594. El valor en la concentración de sólidos suspendidos totales en los tres puntos fue <5.5 mg/L,

respectivamente. Valores bajos y acordes con los resultados de turbiedad. No existe límite para este parámetro en la normatividad ambiental vigente.

#### Sulfatos

La concentración de sulfatos en los cuerpos superficiales fue 10.7, 16.1 y 1.3 mg/L  $\text{SO}_4^{-2}$ , se cumplen la norma, ya que el límite es de 400 mg/L  $\text{SO}_4^{-2}$

#### Sulfuros

La Concentración de Sulfuros es respectivamente de 1.6, 1.6 y 1.4 mg S-2/L, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

#### Turbiedad

La turbiedad determinada en la Q. La Cascada fue de 0.25 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en la Q. El Auxilio fue de 0.21 NTU, considerándose como un agua muy poco turbia y 0.73 NTU en la Ciénaga el Purgatorio de acuerdo con este resultado se cumple con el artículo 39 del Decreto 1594, el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

#### Huevos de Helminton

No se presentaron en los cuerpos de aguas superficiales, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

#### Metales pesados

Los metales como Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo y Selenio se consideran pesados cumplen con el límite de la norma en los tres puntos de monitoreo.

#### Metales

Los otros metales como Zinc, Sodio, Potasio, Plata, Magnesio, Hierro, presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

#### ***Índices De Contaminación ICO.***

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 149, se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 149 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.**

PARÁMETRO	Q. El Auxilio		Ciénaga el Purgatorio.		Q. La Cascada	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.503</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.559</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.219</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.258		0.228		0.285	
I Coliformes totales	0.251		0.449		0.000	
I. DBO-5	1.000		1.000		0.371	
<b>ICOMI</b>	<b>0.040</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.017</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.016</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.080		0.034		0.032	
I. Alcalinidad	0.000		0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.009</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.002</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.005</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	7.65		6.85		7.46	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	6		6		6	

Fuente: CIMA, 2013.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para la Quebrada El Auxilio, Ciénaga El Purgatorio y Q. La Cascada fueron "MEDIA", "MEDIA" y "BAJA" respectivamente, los otros índices calculados en los tres puntos arrojaron contaminación "NINGUNA".

**Tabla 150 ICOTRO (Índice de contaminación trófica)**

Q. El Auxilio	Ciénaga el Purgatorio.	Q. La Cascada
<0.025	<0.025	<0.025
Oligotrofia	Oligotrofia	Oligotrofia

Fuente: CIMA, 2013.

La Tabla 151 presenta el nivel de contaminación trófica para los tres puntos monitoreados, en ella se ve que los tres puntos presentan Oligotrofia, evidencia de la buena condición del recurso.

## Q. El Purgatorio, Laguna Patio Bonito Y La Turbera

### Foto 257 Quebrada El Purgatorio, Laguna Patio Bonito Y La Turbera



Quebrada La Turbera



Laguna Patio Bonito



Quebrada El Purgatorio



Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente

### **Análisis In Situ y de Laboratorio**

La temperatura de los cuerpos superficiales fue de 10.0°C Q. El Purgatorio, 12.3°C, Laguna Patio Bonito y 10.5°C La Turbera, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH es de 6.85, 7.65 y 10.35 unidades de pH respectivamente en cada punto, por lo tanto cumple con los límites establecidos de pH (entre 5 y 9 unidades); la conductividad fue de 20.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Q. El Purgatorio, 41.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  Laguna Patio Bonito y 34.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  La Turbera, considerándose aguas blandas; Los sólidos disueltos totales fueron de 9.94, 19.90 y 15.83 mg/L respectivamente. La concentración de oxígeno disuelto fue de 7.92 mg/L en la Q. El Purgatorio, 8.2 mg/L Laguna Patio Bonito y 8.5 mg/L La Turbera.

**Tabla 152 Resultados In situ y de laboratorio Q. El Purgatorio, Laguna Patio Bonito Y La Turbera**

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Q. El Purgatorio	Laguna Patio Bonito	La Turbera	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO	BO1400132.007	BO1400132.008	BO1400132.009						
No. CIMA	4067	4068	4069						
FECHA	11-ene-14	12-ene-14	12-ene-14						
HORA	14:01	11:11	13:54						
IN SITU	Temperatura de la Muestra	10,0	12,3	10,5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	6,85	7,65	10,35	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9
	Conductividad	20,2	41,4	34,3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	9,94	19,90	15,83	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	7,92	8,20	8,50	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Sedimentables	<0,10	<0,10	<0,10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Acidez (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	<11	<11	<11	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	12	22	21	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Amonio (mg NH <sub>4</sub> /L) (A)	<0.13	<0.13	<0.13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Bicarbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /L) (A)	12,0	22,0	21,0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Cloruros (mg Cl/L) (A)	<1.1	<1.1	<1.1	250	250	N.E	N.E	N.E
	Coliformes Totales (NMP/100 mL) (A)	3076	1553	987	20000	1000	5000*	N.E	1000
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L) (A)	<2	<2	<2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Demanda Química de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L) (A)	12	39	<10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Detergentes (mg SAAM/L) (A)	<0.04	0,058	<0.04	0,5	0,5	N.E.	N.E	0,5
	Escherichia coli (NMP/100 mL) (A)	86	<1	<1	2000	N.E	1000	N.E	200
	Fenoles Totales (mg Fenol/L) (A)	<0.075	<0.075	<0.075	0,002	0,002	N.E.	NE	0,002
	Fósforo Inorgánico (mg P/L)	<0.025	<0.025	<0.025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo Orgánico (mg P/L) (A)	<0.025	<0.025	<0.025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Fósforo Total (mg P/L) (A)	<0.025	<0.025	<0.025	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Grasas y Aceites (mg GyA/L) (A)	<0.14	<0.14	<0.14	Ausente	Ausente	N.E	N.E	Ausente
	Nitratos como N-NO <sub>3</sub> (mg N-NO <sub>3</sub> /L) (A)	<0.03	<0.03	<0.03	10	10	N.E	N.E	N.E
	Nitritos como N-NO <sub>2</sub> (mg N-NO <sub>2</sub> /L) (A)	0,008	<0,007	<0.007	1	1	N.E	N.E	N.E
	Nitrógeno Amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L) (A)	<0.10	<0.10	<0.10	1	1	N.E	N.E	N.E
Olor (Aceptable / No aceptable)	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE	N.E.	N.E.	N.E.	NE	NE	
Ortofosfatos como P-PO <sub>4</sub> (mg P-PO <sub>4</sub> /L) (A)	<0.017	<0.017	<0.017	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L) (A)	<5.5	<5.5	<5.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Q. El Purgatorio	Laguna Bonito	Patio La Turbera	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO	BO1400132.007	BO1400132.008	BO1400132.009						
No. CIMA	4067	4068	4069						
FECHA	11-ene-14	12-ene-14	12-ene-14						
HORA	14:01	11:11	13:54						
Sólidos Totales (mg ST/L) (A)	6	<5.7	<5.7	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> /L) (A)	<1.3	12,1	7,2	400	400	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfuros (mg S-2/L) (A)	1,5	1,4	1,4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Turbiedad (NTU) (A)	0,6	0,22	<0.19	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Huevos de Helminto (Huevos/L)	0	0	0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Arsénico Total (mg Metal/L) (A)	<0.05	<0.05	<0.05	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E	N.E
Cadmio Total (mg Metal/L) (A)	<0.003	<0.003	<0.003	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E	N.E
Cobre Total (mg Metal/L) (A)	<0.05	<0.05	<0.05	1	1	0,2	N.E	N.E	N.E
Cromo Total (mg Metal/L) (A)	<0.05	<0.05	<0.05	0,05	0,05	0,1	1	NE	NE
Hierro Total (mg Metal/L) (A)	0,12	0,12	<0.05	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Magnesio Total (mg Metal/L) (A)	<0.5	<0.5	<0.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Mercurio Total (mg Metal/L) (A)	<0.0006	<0.0006	<0.0006	0,002	0,002	0,002	N.E	N.E	N.E
Níquel Total (mg Metal/L) (A)	<0.1	<0.1	<0.1	N.E.	N.E.	0,2	N.E	N.E	N.E
Plata Total (mg Metal/L) (A)	<0.01	<0.01	<0.01	0,05	0,05	N.E.	N.E	N.E	N.E
Plomo Total (mg Metal/L) (A)	<0.01	<0.01	<0.01	0,05	0,05	5	0,1	N.E	N.E
Potasio Total (mg Metal/L) (A)	<0.5	<0.5	<0.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Selenio Total (mg Metal/L) (A)	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	0,01	0,02	N.E	N.E	N.E
Sodio Total (mg Metal/L) (A)	0,601	0,601	<0.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Zinc Total (mg Metal/L) (A)	<0.1	<0.1	<0.1	15	15	2	25	N.E	N.E
Nitrógeno Total (mg N/L) (A)	2,58	3,53	2,91	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

NE: no específica

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Acidez Total

La acidez determinada en los puntos de muestreo fue de menor de 11 mg/L CaCO<sub>3</sub> en todos los cuerpos de agua, este parámetro no se encuentra regulado

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio fueron de 12 mg/LCaCO<sub>3</sub> Q. El Purgatorio, 22 mg/LCaCO<sub>3</sub> Laguna Patio Bonito y 21 mg/LCaCO<sub>3</sub> La Turbera, este parámetro no se encuentra regulado.

### Amonio

La concentración de amonio en los tres puntos respectivamente es <0.13 mgNH<sub>4</sub>/L. Este parámetro no se encuentra regulado.

### Cloruros

La concentración de cloruros en todos los puntos de monitoreos es menor a 1.1 mg/L Cl-. Este parámetro se cumple, el límite es 250 mg/L Cl en el Decreto 1594.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales presentaron concentraciones de 3076 NMP/100mL, 1553 NMP/100mL y 987 NMP/100mL respectivamente en cada cuerpo de agua. En este parámetro no se cumple la norma vigente en las Q. El Purgatorio y la Laguna Patio Bonito. Coliformes fecales presentaron concentraciones de 86 NMP/100mL, <1 NMP/100mL y <1 NMP/100mL, cumplen este parámetro los cuerpos de agua. Valores normales para este tipo de fuente teniendo en cuenta la actividad desarrollada en la zona y el paso del río por caseríos y veredas.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno máxima fue <2 mg O<sub>2</sub>/L en los puntos, lo que indica que existe poca contaminación por materia orgánica en este punto, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno fue de 12, 39 y 10 mg O<sub>2</sub>/L, valor bajo y que indica buena calidad del agua en estos puntos. Este parámetro no se encuentra normalizado en el Decreto 1594.

### Tensoactivos (Detergentes)

La concentración de este parámetro no supera 0.058 mg/L<sub>SAAM</sub> como valor máximo en los tres puntos, se cumple el límite de la normatividad vigente que es 0.5 mg/L<sub>SAAM</sub>

### Fenoles Totales

En este parámetro el límite de la norma es de 0.002 mg/L, las concentraciones encontradas en máxima en los tres cuerpos de agua es de <0.075 mg/L, este valor es el límite mínimo de cuantificación del equipo.

### Fósforo

El fósforo orgánico, inorgánico y total, presentan concentraciones bajas en los cuerpos de agua evaluados. Estas variables no se encuentran reguladas en el Decreto 1594 de 1984.

### Grasas y Aceites

La concentración de Grasas y Aceites en los puntos de monitoreo fue menor a 0,14 mg/L, lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en estos puntos. Además cumple con lo establecido en la normatividad.

### Nitrógeno total

Estos parámetros comprenden de nitrógeno total, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. Nitrógeno total presenta una concentración máxima de 3.53 mg N/L. Los nitratos tienen una concentración de 0.03 mg/L- $\text{NO}_3$ , como en los tres cuerpos de agua, este parámetro tiene un límite en la norma de 10 mg/L- $\text{NO}_3$ . Los nitritos y el nitrógeno amoniacal tienen concentraciones de <0.007 mg/L- $\text{NO}_2$  y <0.1 mg/L- $\text{NH}_3$  respectivamente en cada cuerpo de agua, por tal motivo se cumple la norma 1594 que dice nitritos 1 mg/L- $\text{NO}_2$  y en nitrógeno amoniacal que es de 1 mg/L- $\text{NH}_3$ .

### Olor

Este parámetro en los tres puntos se logra un resultado de ACEPTABLE, estos parámetros no están considerados en la normatividad vigente.

### Ortofosfatos

La concentración de este parámetro es <0.017 mgP- $\text{PO}_4$ /L, en cada uno de los puntos, este variable no se encuentra en el decreto 1594 de 1984.

### Sólidos Totales-Sólidos Sedimentables- Sólidos Suspendedos Totales.

La concentración de sólidos totales es baja en los puntos, fue de 5.7, 5.7 y 7 mg/L, respectivamente en cada cuerpo de agua. El Decreto 1594 no establece un límite para este parámetro. La concentración de sólidos sedimentables máximas en los tres puntos no supera 0.1 mL-L. Este parámetro no se encuentra regulado en el Decreto 1594. El valor en la concentración de sólidos suspendedos totales en los tres puntos fue <5.5 mg/L, respectivamente. Valores bajos y acordes con los resultados de turbiedad. No existe límite para este parámetro en la normatividad ambiental vigente.

### Sulfatos

La concentración de sulfatos en los cuerpos superficiales fue <1.3, 12.1 y 7.2 mg/L  $\text{SO}_4^{-2}$ , se cumplen la norma, ya que el límite es de 400 mg/L  $\text{SO}_4^{-2}$

### Sulfuros

La Concentración de Sulfuros es respectivamente de 1.5, 1.4 y 1.4 mg S-2/L, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

### Turbiedad

La turbiedad determinada en Q. El Purgatorio, fue de 0.6 NTU, considerándose como un agua poco turbia, en la Laguna Patio Bonito fue de 0.22 NTU, considerándose como un agua muy poco turbia y La Turbera fue de <0.19 NTU de acuerdo con este resultado se cumple con el artículo 39 del Decreto 1594, el cual establece como valor máximo 190 NTU de turbiedad para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

### Huevos de Helmin-ton

No se presentaron en los cuerpos de aguas superficiales, este parámetro no se encuentra en la normatividad vigente.

### Metales pesados

Los metales como Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo y Selenio se consideran pesados cumplen con el límite de la norma en los tres puntos de monitoreo.

### Metales

Los otros metales como Zinc, Sodio, Potasio, Plata, Magnesio, Hierro, presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 153 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 153 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.**

PARÁMETRO	Q. El Purgatorio		Laguna Patio Bonito		La Turbera	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.609</b>	<b>ALTA</b>	<b>0.533</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.497</b>	<b>MEDIA</b>
I. Oxígeno %	0.313		0.252		0.254	
I Coliformes totales	0.513		0.347		0.237	
I. DBO-5	1.000		1.000		1.000	
<b>ICOMI</b>	<b>0.015</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.040</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.031</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	0.031		0.081		0.063	
I. Alcalinidad	0.000		0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>0.002</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.009</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.009</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	6.85		7.65		6.35	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.000</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	6		6		6	

Fuente: CIMA, 2013.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para la Quebrada El Purgatorio, La laguna Patio Bonito y La Turbera fueron "ALTA", "MEDIA" y "MEDIA" respectivamente, Es de resaltar que la Quebrada El Purgatorio fue la unica fuente analizada que presento indice de contaminación por mateia organica ALTO, esto se le atribuye a la alta concentración de Coliformes totales determinados en este punto; los otros indices calculados en los tres puntos arrojaron contaminación "NINGUNA".

**Tabla 154 ICOTRO (Índice de contaminación trófico)**

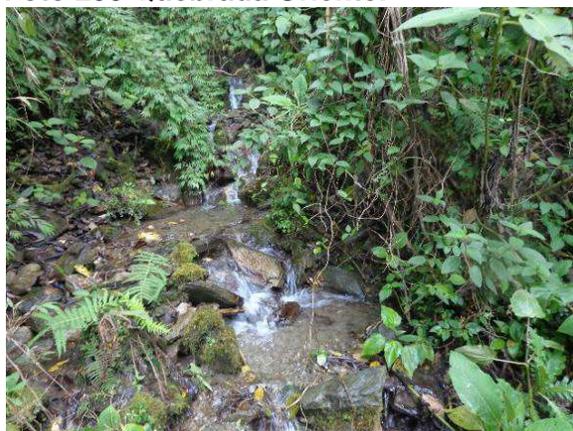
Q. El Purgatorio	Laguna Patio Bonito	La Turbera
<0.025	<0.025	<0.025
Oligotrofia	Oligotrofia	Oligotrofia

Fuente: CIMA, 2013.

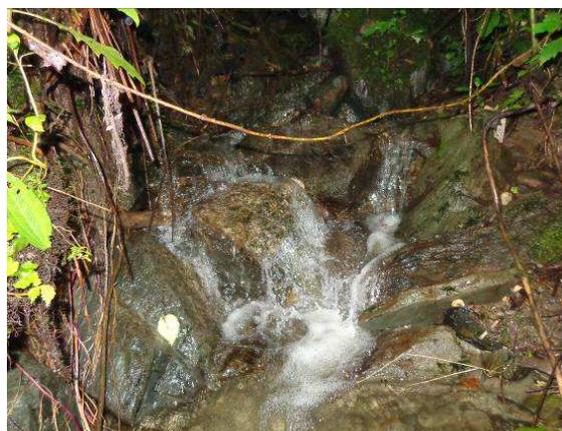
La Tabla 154 presenta el nivel de contaminación trófica para los tres puntos monitoreados, en ella se ve que los tres puntos presentan Oligotrofia, evidencia de la buena condición del recurso.

### Quebrada Oriente

**Foto 258 Quebrada Oriente.**



Quebrada Oriente aguas arriba.



Quebrada Oriente aguas abajo.



Toma de muestras para análisis en el laboratorio.



Toma de datos de caudal.

Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente

El muestreo realizado en la Quebrada Oriente se llevó a cabo en dos (2) puntos de monitoreo, 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo, del posible punto de captación, tramo donde el cuerpo de agua superficial presentaba lecho pedregoso, sin signos de erosión en sus márgenes, poca corriente y con vegetación en las riveras.

A continuación en la Tabla 59 se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio, para este cuerpo de agua.

**Tabla 155 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada Oriente**

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMA, DEC. 1594/84					
		Quebrada Oriente aguas arriba	Quebrada Oriente aguas abajo	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO		121193	121194						
No. CIMA		6377	6378						
FECHA	D-M-A	05-jun-14	05-jun-14						
HORA	h:min	16:40	17:10						
Temperatura de la Muestra	°C	12,8	12,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
pH	unidades	7,31	7,85	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5 - 9	5 - 9
Conductividad	uS/cm	229	236	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	106,9	112,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos Sedimentables	mL/L h	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,93	7,86	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Caudal	L/s	20,0	20,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	2,3	2,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	88,3	92,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ARSENICO	mg/L	0,00036	0,00037	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	88,3	92,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
CADMO	mg/L	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl-	<3,3	<3,3	250	250	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
COBRE	mg/L	<0,055	<0,055	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	70	33	2 000	N.E.	1 000	N.E.	200	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	300	600	20 000	1 000	5 000	N.E.	1000	5000
CROMO TOTAL	mg/L	<0,109	<0,109	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
DBO5	mg/L O2	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L O2	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.
FOSFATOS	mg/L PO4-3	<0,062	0,062	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	<0,062	0,095	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
FOSFORO ORGANICO	mg/L P	<0,062	<0,062	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	AUSENTE	AUSENTE
FOSFORO TOTAL	mg/L P	0,078	0,124	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<0,67	<0,67	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.
HIERRO TOTAL	mg/L	0,136	0,460	N.E.	N.E.	5	N.E.	N.E.	N.E.
MAGNESIO	mg/L	4,87	4,66	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
MERCURIO	mg/L	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
NÍQUEL	mg/L	<0,085	<0,085	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
NITRATOS	mg/L N - NO3	0,134	0,117	10	10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
NITRITOS	mg/L N - NO2	<0,062	<0,062	1	1	N.E.	10	N.E.	N.E.
NITRÓGENO AMONICAL	mg/L N-NH3	<1	<1	1	1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
OLOR		ACEPTABLE	ACEPTABLE	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
PLATA	mg/L	<0,031	<0,031	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
PLOMO	mg/L	<0,050	<0,050	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
POTASIO	mg/L	3,06	3,35	N.E.	N.E.	N.E.	0,05	N.E.	N.E.
SELENIO	mg/L	0,00015	0,00015	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
SODIO	mg/L	3,28	3,24	N.E.	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	<8	<8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SOLIDOS TOTALES	mg/L	128	130	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L SO4-2	25,6	24,4	400	400	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
SULFUROS	mg/L S-2	<1,5	<1,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
TENSOACTIVOS	mg/L LAS	<0,15	<0,15	0,5	0,5	N.E.	0,1	0,5	0,5
TURBIDIDAD	NTU	5,72	6,65	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ZINC	mg/L	<0,014	<0,014	15	15	2	25	N.E.	N.E.

NE: No Establecido; valores en color verde indican que se encuentran cumpliendo con los límites permisibles; valores en color rojo están por fuera de estos límites.

Fuente: C.I.M.A., 2014

### Índices De Contaminación ICO.

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo teniendo en cuenta los resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 156, se presentan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo a la metodología ICO.

**Tabla 156 Resultados de los índices de Contaminación ICO – Quebrada Oriente**

PARÁMETRO	Quebrada Oriente aguas arriba	CONTAMINACIÓN	Quebrada Oriente aguas abajo	CONTAMINACIÓN
ICOMO	0,24	BAJA	0,28	BAJA
I oxígeno %	0,269		0,285	
I Coliformes totales	0,000		0,116	
I DBO-5	0,439		0,439	
ICOMI	0,49	MEDIA	0,52	MEDIA
I Conductividad	0,80		0,83	
I Alcalinidad	0,19		0,21	
ICOpH	0,003	NINGUNA	0,018	NINGUNA
pH	7,31		7,85	
ICOSUS	0,00	NINGUNA	0,00	NINGUNA
Sólidos suspendidos, mg/L	8		8	
ICOTRO	0,078	EUTROFIA	0,124	EUTROFIA
Fósforo Total, mg/L P	0,078		0,124	

Fuente: C.I.M.A., 2014

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para los puntos aguas arriba y aguas abajo presentó un índice de contaminación “BAJA” debido a que la concentración los parámetros tenidos en cuenta varían muy poco; el índice ICOMI presenta contaminación “MEDIA” debido al alto valor del índice de Conductividad para ambos puntos (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de Alcalinidad y Conductividad por la falta del valor del parámetro Dureza); el índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que el valor del pH tiende a la neutralidad en ambos puntos; igualmente el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido a que el valor en la concentración de Sólidos Suspendidos no sobrepasa los 10 mg/L y; el índice “ICOTRO” presenta una categorización de “EUTROFIA” en ambos puntos, aunque se encuentran en el rango inferior, indicando una baja eutrofia.

De forma general se puede determinar que la Quebrada Oriente, tanto aguas arriba como aguas abajo, no presenta contaminación por materia orgánica, ni por sólidos suspendidos, ni por PH; presentando tan solo una mínima contaminación por mineralización debido al alto valor del índice de Conductividad y; encontrándose igualmente en bajo grado de eutrofia debido a un pequeño aporte de Fósforo en el cuerpo de agua.

### Huevos de Helmintos

La Quebrada Oriente presentó huevos y quistes de dos géneros distintos de Helmintos; aguas arriba presentó un (1) Huevos correspondiente a *Uncinaria sp.* En 2000 mL de muestra , con un porcentaje de prevalencia de 100% y; aguas abajo presentó cinco (5) Quistes correspondientes a *Giardia sp.*, en 2000 mL de muestra (ver Tabla 157 y Tabla 158), con un porcentaje de prevalencia de 100%.

**Tabla 157 Huevos de Helmintos – Quebrada Oriente aguas arriba**

Parámetro	Unidades	Método	Técnica	Resultado	Norma	Rango	Concepto	Incertidumbre	Prevalencia
Huevos de Helminto	Huevos/L	Bailenger Modificado NX-AA 113-SCFI-1999	Recuento en Cámara Newbauer	1	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		100% Ucinaria sp
<>									

Fuente: Ivonne Bernier Laboratorio Ltda, 2014

**Tabla 158 Huevos de Helmintos – Quebrada Oriente aguas abajo**

Parámetro	Unidades	Método	Técnica	Resultado	Norma	Rango	Concepto	Incertidumbre	Prevalencia
Huevos de Helminto	Huevos/L	Bailenger Modificado NX-AA 113-SCFI-1999	Recuento en Cámara Newbauer	5	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		100% Giardia sp.
<>									

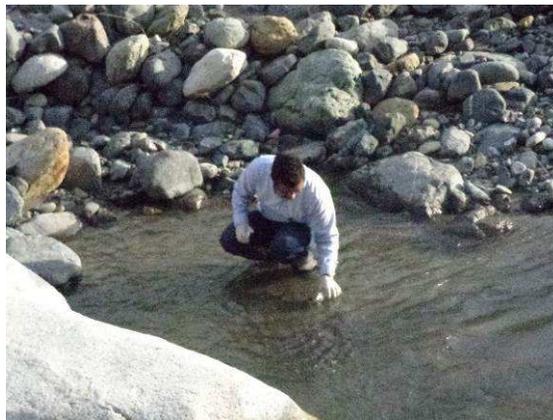
Fuente: Ivonne Bernier Laboratorio Ltda, 2014

## Río Bolo y Quebrada Nogal

### Foto 259 Río Bolo y Quebrada Nogal.



Río Bolo.



Toma de muestra para Grasas y Aceites Río Bolo



Toma de muestra para análisis Bacteriológico. Río Bolo



Quebrada Nogal

Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente

El muestreo realizado en río Bolo y en la quebrada Nogal se llevó a cabo mediante un muestreo puntual. Los cuerpos de agua superficial presentaban lecho pedregoso, sin signos de erosión, con vegetación arbórea y arbustiva en sus márgenes, pendiente notoria en la quebrada Nogal y corriente media en el río Bolo. A continuación en la Tabla 159, se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio, para estos cuerpos de agua.

**Tabla 159 Resultados In situ y de laboratorio Río Bolo y Quebrada Nogal**

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMA, DEC. 1594/84						
			Río Bolo	Quebrada Nogal	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario	
	No. LABORATORIO		121195	121196							
	No. CIMA		6379	6380							
	FECHA	D-M-A	06-jun-14	07-jun-14							
IN SITU	HORA	h:min	16:40	11:30							
	Temperatura de la Muestra	°C	20,4	21,7	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	pH	unidades	8,00	7,74	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5 - 9	5 - 9	N.E.
	Conductividad	uS/cm	190,4	123,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	90,7	58,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	Sólidos Sedimentables	mL/L h	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	Oxígeno Disuelto	mg/L	7,96	7,76	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	2,2	2,6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	71,0	44,9	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ARSÉNICO	mg/L	0,00037	0,00036	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	71,0	44,9	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	
CLORUROS	mg/L Cl-	4,7	<3,3	250	250	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
COBRE	mg/L	<0,055	<0,055	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.	N.E.	
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	350	220	2 000	N.E.	1 000	N.E.	200	N.E.	N.E.	
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	2600	3600	20 000	1 000	5 000	N.E.	1000	5000	N.E.	
CROMO TOTAL	mg/L	<0,109	<0,109	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.	N.E.	
DBO5	mg/L O2	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
DQO	mg/L O2	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.	N.E.	
FOSFATOS	mg/L PO4-3	0,064	0,077	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0,099	0,116	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
FOSFORO ORGANICO	mg/L P	<0,062	<0,062	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	AUSENTE	AUSENTE	N.E.	
FOSFORO TOTAL	mg/L P	0,129	0,154	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<0,67	<0,67	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.	N.E.	
HIERRO TOTAL	mg/L	0,410	0,095	N.E.	N.E.	5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
MAGNESIO	mg/L	3,36	3,33	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
MERCURIO	mg/L	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.	N.E.	
NÍQUEL	mg/L	<0,085	<0,085	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
NITRATOS	mg/L N - NO3	0,205	0,376	10	10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
NITRITOS	mg/L N - NO2	<0,062	<0,062	1	1	N.E.	10	N.E.	N.E.	N.E.	
NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L N-NH3	<1	<1	1	1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
OLOR		ACEPTABLE	ACEPTABLE	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
PLATA	mg/L	<0,031	<0,031	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
PLOMO	mg/L	<0,050	<0,050	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.	N.E.	
POTASIO	mg/L	0,934	0,501	N.E.	N.E.	N.E.	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	
SELENIO	mg/L	0,00015	0,00014	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
SODIO	mg/L	3,18	1,83	N.E.	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	9	<8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
SOLIDOS TOTALES	mg/L	110	74	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
SULFATOS	mg/L SO4-2	22,0	11,6	400	400	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
SULFUROS	mg/L S-2	<1,5	<1,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
TENSOACTIVOS	mg/L LAS	<0,15	<0,15	0,5	0,5	N.E.	0,1	0,5	0,5	N.E.	
TURBIEDAD	NTU	11,20	1,84	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
ZINC	mg/L	<0,014	<0,014	15	15	2	25	N.E.	N.E.	N.E.	

NE: No Establecido; valores en color verde indican que se encuentran cumpliendo con los límites permisibles; valores en color rojo están por fuera de estos límites.

Fuente: C.I.M.A., 2014

### Índices De Contaminación ICO

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo teniendo en cuenta los resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 160 se presentan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 160 Resultados de los índices de Contaminación ICO - Río Bolo y Quebrada Nogal**

PARÁMETRO	Río Bolo	CONTAMINACIÓN	Quebrada Nogal	CONTAMINACIÓN
ICOMO	0,35	BAJA	0,38	BAJA
I oxígeno %	0,148		0,151	
I Coliformes totales	0,472		0,552	
I DBO-5	0,439		0,439	
ICOMI	0,36	BAJA	0,17	NINGUNA
I Conductividad	0,62		0,35	
I Alcalinidad	0,11		0,00	
ICOPH	0,030	NINGUNA	0,012	NINGUNA
pH	8,00		7,74	
ICOSUS	0,00	NINGUNA	0,00	NINGUNA
Sólidos suspendidos, mg/L	9		8	
ICOTRO	0,129	EUTROFIA	0,154	EUTROFIA
Fósforo Total, mg/L P	0,129		0,154	

Fuente: C.I.M.A., 2014

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO tanto para el río Bolo como para la Quebrada Nogal, presentó un índice de contaminación “BAJA” debido a que la concentración de los parámetros tenidos en cuenta varían muy poco; el índice ICOMI presenta contaminación “BAJA” para el río Bolo y “NINGUNA” para la Quebrada Nogal, debido a los valores bajos de Alcalinidad y Conductividad (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de Alcalinidad y Conductividad por la falta del valor del parámetro Dureza); el índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que el valor del pH tiende a la neutralidad en ambos puntos; igualmente el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido a que el valor en la concentración de Sólidos Suspendidos no sobrepasa los 10 mg/L y; el índice “ICOTRO” presenta una categorización de “EUTROFIA” en ambos puntos, aunque se encuentran en el rango inferior, indicando una baja eutrofia.

De forma general se puede determinar que el río Bolo y la Quebrada Nogal, no presentan contaminación por materia orgánica, ni por sólidos suspendidos, ni por PH, ni por mineralización, debido a que se encuentran dentro de los rangos de “NINGUNA” o “BAJA” contaminación; igualmente los dos puntos exhiben bajo grado de eutrofia debido a un pequeño aporte de Fósforo en el cuerpo de agua.

### Huevos de Helmintos

En el río Bolo se determinaron huevos de dos (2) géneros distintos de Helmintos, presentó un (1) Huevo correspondiente a *Ascaris sp.* y un (1) Huevo correspondiente a *Uncinaria sp.*, en 2000 mL de muestra (Tabla 161), con un porcentaje de prevalencia de 50% para *Ascaris sp.* y 50% para *Uncinaria sp.*

En la Quebrada Nogal se analizaron igualmente 2000 mL de muestra y se encontró que presenta 0 Huevos de Helmintos (Tabla 162).

**Tabla 161 Huevos de Helmintos – Río Bolo**

Parámetro	Unidades	Método	Técnica	Resultado	Norma	Rango	Concepto	Incertidumbre	Prevalencia
Huevos de Helminto	Huevos/L	Bailenger Modificado NX-AA 113-SCFI-1999	Recuento en Cámara Newbauer	2	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		50% Ascaris sp; 50% Uncinarias sp
<>									

Fuente: Ivonne Bernier Laboratorio Ltda, 2014

**Tabla 162 Huevos de Helmintos – Quebrada Nogal**

Parámetro	Unidades	Método	Técnica	Resultado	Norma	Rango	Concepto	Incertidumbre	Prevalencia
Huevos de Helminto	Huevos/L	Bailenger Modificado NX-AA 113-SCFI-1999	Recuento en Cámara Newbauer	0	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		
<>									

Fuente: Ivonne Bernier Laboratorio Ltda, 2014

## Quebrada Salsipuedes y Quebrada Párraga

### Foto 260 Quebrada Salsipuedes y Quebrada Párraga



Río Párraga



Quebrada Salsipuedes

Fuente: Trabajo de campo cima corporación integral del medio ambiente, CIMA, 2014

El muestreo realizado en la Quebrada Salsipuedes y la Quebrada Párraga se llevo a cabo mediante un muestreo puntual. El cuerpo de agua superficial correspondiente a la Quebrada Salsipuedes presentaba lecho pedregoso, con signos de intervención antrópica en sus márgenes, baja pendiente y con vegetación arbustiva y cultivo intensivo de caña de azúcar en sus alrededores. La Quebrada Párraga a diferencia de la Quebrada Salsipuedes, presentaba lecho arenoso, con signos de mayor intervención antrópica en sus márgenes, e igualmente baja pendiente y con vegetación arbustiva y cultivo intensivo de caña de azúcar en sus alrededores.

A continuación en la Tabla 163 se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio, para estos cuerpos de agua.

**Tabla 163 Resultados In situ y de laboratorio Quebrada Salsipuedes y Quebrada Párraga**

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS		NORMA, DEC. 1594/84					
			Quebrada Salsipuedes	Quebrada Párraga	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
	No. LABORATORIO		121197	121198						
	No. CIMA		6381	9382						
	FECHA	D-M-A	07-jun-14	07-jun-14						
IN SITU	HORA	h:min	13:30	14:30						
	Temperatura de la Muestra	°C	22,3	26,6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	pH	unidades	7,80	7,48	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5 - 9	5 - 9
	Conductividad	uS/cm	255	419	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	122,2	201,9	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	Sólidos Sedimentables	ml/L h	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	Oxígeno Disuelto	mg/L	8,05	2,65	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ACIDEZ TOTAL	mg/L CaCO3	2,9	8,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	110	166	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	ARSÉNICO	mg/L	0,00037	0,00039	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
BICARBONATOS	mg/L CaCO3	110	166	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
CADMIO	mg/L	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.	
CLORUROS	mg/L Cl-	3,3	11,6	250	250	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
COBRE	mg/L	<0,055	<0,055	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.	
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	110	1600	2 000	N.E.	1 000	N.E.	200	N.E.	
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	7500	20000	20 000	1 000	5 000	N.E.	1000	5000	
CROMO TOTAL	mg/L	<0,109	<0,109	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.	
DBO5	mg/L O2	<5	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
DQO	mg/L O2	<20	<20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
FENÓLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.	
FOSFATOS	mg/L PO4-3	<0,062	0,476	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
FOSFORO INORGANICO	mg/L P	0,073	0,716	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
FOSFORO ORGANICO	mg/L P	<0,062	0,229	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	AUSENTE	AUSENTE	
FOSFORO TOTAL	mg/L P	0,097	0,945	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<0,67	<0,67	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.	
HIERRO TOTAL	mg/L	0,109	0,546	N.E.	N.E.	5	N.E.	N.E.	N.E.	
MAGNESIO	mg/L	8,73	15,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
MERCURIO	mg/L	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.	
NIQUEL	mg/L	<0,085	<0,085	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.	
NITRATOS	mg/L N - NO3	0,343	0,803	10	10	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
NITRITOS	mg/L N - NO2	<0,062	0,261	1	1	N.E.	10	N.E.	N.E.	
NITRÓGENO AMONICAL	mg/L N-NH3	<1	<1	1	1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	<3	<3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
OLOR		ACEPTABLE	ACEPTABLE	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
PLATA	mg/L	<0,031	<0,031	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
PLOMO	mg/L	<0,050	<0,050	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.	
POTASIO	mg/L	0,695	3,590	N.E.	N.E.	N.E.	0,05	N.E.	N.E.	
SELENIO	mg/L	0,00015	0,00016	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.	
SODIO	mg/L	3,14	12,50	N.E.	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	<8	29	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
SOLIDOS TOTALES	mg/L	134	225	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
SULFATOS	mg/L SO4-2	<5	25,5	400	400	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
SULFUROS	mg/L S-2	<1,5	<1,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
TENSOACTIVOS	mg/L LAS	<0,15	<0,15	0,5	0,5	N.E.	0,1	0,5	0,5	
TURBIEDAD	NTU	6,74	33,40	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	
ZINC	mg/L	<0,014	<0,014	15	15	2	25	N.E.	N.E.	

NE: No Establecido; valores en color verde indican que se encuentran cumpliendo con los límites permisibles; valores en color rojo están por fuera de estos límites.

Fuente: C.I.M.A., 2014

### Índices De Contaminación ICO

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo teniendo en cuenta los resultados de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 164 se presentan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

En esta tabla se observa que el índice ICOMO tanto para la Quebrada Salsipuedes como para la Quebrada Párraga, presentó un índice de contaminación “MEDIA” y “ALTA”, respectivamente, debido a que en ambos puntos la concentración de Coliformes Fecales es alto, en especial en la Quebrada Párraga, que adicionalmente presenta un Oxígeno

Disuelto bastante bajo; el índice ICOMI presenta contaminación “ALTA” para los dos puntos, debido a que los valores del índice de Conductividad son altos (este índice ICO se obtuvo únicamente con los valores de Alcalinidad y Conductividad por la falta del valor del parámetro Dureza); el índice ICOPH presenta contaminación “NINGUNA” debido a que el valor del pH tiende a la neutralidad en ambos puntos; igualmente el índice ICOSUS presenta contaminación “NINGUNA” debido a que el valor en la concentración de Sólidos Suspendidos no sobrepasa los 10 mg/L, excepto en la Quebrada Párraga, pero aún así su valor es demasiado bajo y; el índice “ICOTRO” presenta una categorización de “EUTROFIA” en ambos puntos, aunque en la Quebrada Salsipuedes se encuentran en el rango inferior, indicando una baja eutrofia, mientras que en la Quebrada Párraga se encuentra en el límite superior, encontrándose en proceso de alta eutroficación.

De forma general se puede determinar que la Quebrada Salsipuedes y la Quebrada Párraga, presentan contaminación por materia orgánica y por mineralización, siendo mayor en la Quebrada Párraga; mientras que por Sólidos Suspendidos y por PH no hay contaminación alguna en ninguno de los cuerpos de agua e; igualmente los dos puntos exhiben cierto grado de eutrofia debido al aporte de Fósforo, resaltando que es alto en la Quebrada Párraga, cuyo cuerpo de agua, es el más afectado a nivel de contaminación.

**Tabla 164 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO – Quebrada Salsipuedes y Quebrada Párraga.**

PARÁMETRO	Quebrada Salsipuedes	CONTAMINACIÓN	Quebrada Párraga	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0,43</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0,71</b>	<b>ALTA</b>
I oxígeno %	0,109		0,706	
I Coliformes totales	0,730		1,000	
I DBO-5	0,439		0,439	
<b>ICOMI</b>	<b>0,61</b>	<b>ALTA</b>	<b>0,79</b>	<b>ALTA</b>
I Conductividad	0,92		1,00	
I Alcalinidad	0,30		0,58	
<b>ICOpH</b>	<b>0,015</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0,005</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	7,80		7,48	
<b>ICOSUS</b>	<b>0,00</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0,07</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	8		29	
<b>ICOTRO</b>	<b>0,097</b>	<b>EUTROFIA</b>	<b>0,945</b>	<b>EUTROFIA</b>
Fósforo Total, mg/L P	0,097		0,945	

Fuente: C.I.M.A., 2014

### Huevos de Helmin tos

En la Quebrada Salsipuedes se encontraron cuatro (4) huevos correspondientes a dos (2) géneros distintos de Helmin tos, presentó tres (3) Huevos correspondientes a *Taenia sp.* y un (1) Huevo correspondiente a *Ascaris sp.*, en 2000 mL de muestra, con una prevalencia de 60% para *Taeni sp.* y 40% para *Ascaris sp.* (Tabla 165)

La Quebrada Párraga presentó huevos de un (1) solo género de Helmin tos, en 2000 mL de muestra, correspondiente a un (1) Huevo de *Ascaris sp.* (Tabla 166), con un porcentaje de prevalencia de 100%.

**Tabla 165 Huevos de Helminos – Quebrada Salsipuedes**

Parámetro	Unidades	Método	Técnica	Resultado	Norma	Rango	Concepto	Incertidumbre	Prevalencia
Huevos de Helminos	Huevos/L	Bailenger Modificado NX-AA 113-SCFI-1999	Recuento en Cámara Newbauer	4	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		60% Taenia sp; 40% Ascaris sp.
<>									

Fuente: Ivonne Bernier Laboratorio Ltda, 2014

**Tabla 166 Huevos de Helminos – Quebrada Párraga**

Parámetro	Unidades	Método	Técnica	Resultado	Norma	Rango	Concepto	Incertidumbre	Prevalencia
Huevos de Helminos	Huevos/L	Bailenger Modificado NX-AA 113-SCFI-1999	Recuento en Cámara Newbauer	1	No se realizaron comparaciones con normas	-	--		100% Ascaris sp
<>									

Fuente: Ivonne Bernier Laboratorio Ltda, 2014

## Agua Subterránea 1 - La Herrera, Nacimiento de agua- Torre 63 y Nacimiento de Agua -Torre 94.

### Foto 261 Nacimiento Torre 63, Torre 94, Subterránea La Herrera



Nacimiento Torre 63



Nacimiento Torre 94



Agua Subterránea 1- La Herrera. Resguardo las mercedes  
Fuente: Trabajo de campo CIMA Corporación Integral Del Medio Ambiente

Los puntos de aguas subterráneas Nacimiento de agua-Torre 63, Nacimiento de Agua - Torre 94 y Agua Subterránea 1- La Herrera, corresponden a Pozos emergentes de agua subterránea.

A continuación en la Tabla 167 se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

### ***Análisis In situ y de laboratorio***

La temperatura de los acuíferos Nacimiento Torre 63, Torre 94 y Agua Subterránea 1- La Herrera fue 18.1, 16.9 y 20.4 °C respectivamente, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH fue de 5.60, 6.10 y 6.23 en ese mismo orden unidades,

de esta forma dos de los tres puntos analizados se salen del rango establecido por el decreto 1594 de 1984 en su artículo 39 (Limite consumo humano -desinfección), si se compara con los otros artículos del decreto en mención el parámetro estaría cumpliendo. La conductividad fue de 340  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para el acuífero de la Torre 63, 390  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el acuífero de la torre 94 y 80.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el acuífero 1 - La Herrera; Los sólidos disueltos totales fueron de 150.0 mg/L y de 145 mg/L y 41.3 mg/L , concentraciones acordes con las conductividades determinadas, los valores de la conductividad y los sólidos disueltos totales son típicos en el las aguas subterráneas de la región. La concentración de oxígeno disuelto fue baja en los tres puntos evaluados con valores de 4.20, 4.10 y 5.60 mg/L valores coherentes con las condiciones típicas de las aguas subterráneas, ya que estas carecen de fuentes de oxigenación.

#### Acidez Total

La acidez determinada en los puntos de muestreo Agua subterránea torre 63, torre 94 y 1-la Herrera fue de menor de 11 mg/L  $\text{CaCO}_3$  mientras la calculada estos valores son bajos y no indican alteraciones del recurso por agentes acidificantes, este parámetro no se encuentra regulado en la resolución 1594 de 1984.

#### Dureza Total

La Dureza Total para los puntos de agua subterránea Torre 63, torre 94 y 1-la Herrera, fue de 14, 24 y 53 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  respectivamente, en ese orden de ideas el agua evaluada en los tres puntos se clasifican como aguas Blandas. Este parámetro no se encuentra referido en el decreto 1594 de 1984.

**Tabla 167 Resultados In situ Nacimiento de agua- Torre 63, Nacimiento de Agua -Torre 94 Y Agua Subterranea 1- La Herrera**

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Nacimiento de agua- Torre 63	Nacimiento de Agua -Torre 94	Agua Subterranea 1- La Herrera	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO	BO1301159.001	BO1301159.002	BO1400133.001						
No. CIMA	3597	3598	4070						
FECHA	13-dic-07	13-dic-07	12-ene-14						
<b>IN SITU</b>									
HORA	09:00	14:00	17:39						
Temperatura de la Muestra	18.1	16.9	20.4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	5.60	6.10	6.23	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5-9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
Conductividad	340.0	390.0	80.4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Disueltos Totales	150.0	145.0	41.3	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Oxígeno Disuelto	4.20	4.10	5.60	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Solidos Sedimentables	<0.10	<0.10	<0.10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
<b>ANÁLISIS DE LABORATORIO</b>									
Acidez (mg CaCO3/L)	<11	<11	<11	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Alcalinidad Total (mg CaCO3/L)	32	24	50	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Amonio (mg NH4/L)	<0.13	<0.13	<0.13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Bicarbonatos (mg CaCO3/L)	32.0	24.0	50.0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Carbonatos (mg CaCO3/L)	<5.0	<5.0	<5.0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Carbono Orgánico Total (mg C/L)	<1	<1	6	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Cloruros (mg Cl/L)	<1.1	<1.1	<1.1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	2382	1989	7701	20000	1000	5000	N.E	1000	5000
Color Verdadero (UPC)	<7.6	<7.6	56	75	20	N.E	N.E	N.E	N.E
DBO (mg O2/L)	<2	<2	<2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
DQO (mg O2/L)	28	106	87	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Dureza Total (mg CaCO3/L)	14	24	53	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Escherichia coli (NMP/100 mL)	10	10	<1	2000	N.E	1000	N.E	200	N.E
Nitratos como N-NO3 (mg N-NO3/L)	<0.030	<0.030	1.74	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos como N-NO2 (mg N-NO2/L)	<0.007	<0.007	<0.007	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Amoniacal (mg N-NH3/L)	<0.1	<0.1	<0.1	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Ortofosfatos (mg P-PO4/L)	<0.017	<0.017	<0.017	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
SST (mg SST/L)	21	58	10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Nacimiento de agua- Torre 63	Nacimiento de Agua -Torre 94	Agua Subterranea 1- La Herrera	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
No. LABORATORIO	BO1301159.001	BO1301159.002	BO1400133.001						
No. CIMA	3597	3598	4070						
FECHA	13-dic-07	13-dic-07	12-ene-14						
<b>HORA</b>	<b>09:00</b>	<b>14:00</b>	<b>17:39</b>						
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> /L)	<1.3	<1.3	4	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Turbiedad (NTU)	3.49	28.7	5.57	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio Total (mg Metal/L)	1.56	3.66	13.11	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Hierro Total (mg Metal/L)	0.47	2.23	0.69	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Magnesio Total (mg Metal/L)	1.070	1.84	2.30	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Potasio Total (mg Metal/L)	<0.5	1.29	0.56	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio Total (mg Metal/L)	10.19	2.834	3.861	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Total (mg N/L)	3.81	1.79	0.84	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

NE: no especifica;

Fuente: CIMA- Corporación Integral

### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en los puntos de agua subterránea Torre 63, torre 94 y 1-la Herrera fueron de 32, 24 y 50 mg/LCaCO<sub>3</sub>, respectivamente, este parámetro no se encuentra regulado.

### Amonio

La concentración de amonio en los puntos torre 63, torre 94 y 1-la Herrera fueron menor a 0.13 mgNH<sub>4</sub>/L, valores bajos que indican que no hay contaminación del recurso por este compuesto. Este parámetro no se encuentra contemplado en el decreto 1594 de 1984.

### Cloruros

La concentración de cloruros en los tres puntos de monitoreos es menor a 1.1 mg/L Cl-. Este parámetro cumple con el límite de 250 mg/L Cl establecido en el Decreto 1594 de 1984.

### Coliformes totales y fecales

Las concentraciones de coliformes totales en los puntos Torre 63, torre 94 y 1-la Herrera fueron 2382, 1989 y 7701 NMP/100mL respectivamente, en este orden de ideas los tres puntos incumplen con lo establecido por el decreto 1594 de 1984. Los Coliformes fecales presentaron concentraciones de 10, 10 y <1 NMP/100mL siguiendo el mismo orden anterior, en este caso todos los puntos evaluados cumplen con el decreto 1594 de 1984.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos de agua subterránea analizados fue menor a dos (<2), estos valores son muy bajos e indican la poca contaminación por materia orgánica del recurso evaluado, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno en los puntos de agua subterránea Torre 63, torre 94 y 1-la Herrera fueron de 28, 106 y 87 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Nitrógeno total

Estos parámetros comprenden de nitrógeno total, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. Nitrógeno total presenta una concentración máxima de 3.81 mg N/L. Los nitratos tienen una concentración máxima de 1.74 mg/L-NO<sub>3</sub>, en los tres cuerpos de agua, este parámetro tiene un límite en la norma de 10 mg/L-NO<sub>3</sub>. Los nitritos y el nitrógeno amoniacal tienen concentraciones máximas: <0.007 mg/L-NO<sub>2</sub> y <0.1 mg/L-NH<sub>3</sub> respectivamente, en este

orden de ideas en ningún caso se incumple la norma.

#### Ortofosfatos

La concentración de este parámetro en los tres puntos objeto de análisis de menor a 0.017 mgP-PO<sub>4</sub>/L, esta variable no se encuentra en el decreto 1594 de 1984.

#### Sólidos Totales-Sólidos Sedimentables- Sólidos Suspendedos Totales.

La concentración de sólidos suspendidos totales en los puntos de agua subterránea Torre 63, torre 94 y 1-la Herrera fue de 21, 58 y 10 mg/L, respectivamente, estas concentraciones son típicas de este tipo de aguas. El Decreto 1594 no establece un límite para este parámetro. La concentración de sólidos sedimentables máximas en los tres puntos no supera 0.1 mL-L. Este parámetro no se encuentra regulado en el Decreto 1594.

#### Sulfatos

La concentración de sulfatos en los puntos de agua subterránea torre 63, torre 94 y 1-la Herrera fueron <1.3, <1.3 y 4 mg SO<sub>4</sub>/L respectivamente, los valores son muy bajos y no indica contaminación por presencia de sulfatos.

#### Turbiedad

La turbiedad determinada en los puntos de agua subterránea torre 63, torre 94 y 1-la Herrera fueron de 3.49, 28.7 y 5.57 NTU respectivamente, los tres puntos presentaron turbiedad baja, y al ser comparados con la norma de referencia no la sobre pasan.

#### Metales

Los metales Sodio, Potasio, Magnesio, Calcio y Hierro presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en /el decreto 1594 de 1984.

#### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 168 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 168 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.**

PARÁMETRO	Nacimiento de agua- Torre 63		Nacimiento de Agua -Torre 94		Agua Subterranea 1- La Herrera	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.343</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.335</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.381</b>	<b>BAJA</b>
I. Oxígeno %	0.579		0.579		0.407	
I Coliformes totales	0.451		0.407		0.736	
I. DBO-5	0.000		0.000		0.000	
<b>ICOMI</b>	<b>0.500</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.500</b>	<b>MEDIA</b>	<b>0.098</b>	<b>NINGUNA</b>
I. Conductividad	1.000		1.000		0.196	
I. Alcalinidad	0.000		0.000		0.000	
<b>ICOPH</b>	<b>5.600</b>	<b>MUY ALTA</b>	<b>0.021</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.014</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	0.50		6.10		6.23	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.043</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.010</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.010</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	21		10		10	

Fuente: CIMA, 2013.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para los tres puntos de agua analizados presentan contaminación "BAJA", el ICOMI en los puntos Torre 63 y Torre 94 fue "MEDIO" esto debido a la alta conductividad del recurso que a su vez indica alta concentración de sales, también es de resaltar el ICOPH del emergimiento de la Torre 63 que fue "MUY ALTO" indica que existe un elemento acidificante en el agua, los índices calculados y no mencionado arrojaron contaminación "NINGUNA".

#### **Agua Subterránea 2- La Herrera, Agua Subterránea 3- La Herrera y Agua Subterránea 4- La Herrera**

Los puntos de aguas subterráneas " AGUA SUBTERRANEA 2- LA HERRERA, AGUA SUBTERRANEA 3- LA HERRERA Y AGUA SUBTERRANEA 4- LA HERRERA, corresponden a Pozos emergentes de agua subterránea.

#### **Análisis In situ y de laboratorio**

A continuación en la Tabla 169 se presentan los resultados obtenidos *In situ* y en el laboratorio. Los parámetros con valores en color rojo indican que la variable se encuentra fuera de los límites permisibles.

**Tabla 169 Resultados In situ y de Laboratorio Nacimiento de agua- Torre 63, Nacimiento de Agua -Torre 94 Y Agua Subterránea 1- La Herrera**

	PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
		Agua Subterránea 2- La Herrera	Agua Subterránea 3- La Herrera	Agua Subterránea 4- La Herrera	Artículo 38 Límite Consumo Humano Tratamiento	Artículo 39 Límite Consumo humano Desinfección	Artículo 40 Límite uso agrícola	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto Primario	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto Secundario
	No. LABORATORIO	BO 1400133.002	BO 1400133.003	BO1400133.004						
	No. CIMA	4070	4071	4072						
	FECHA	14-ene-14	14-ene-14	14-ene-14						
	HORA	10:28	12:55	11:46						
IN SITU	Temperatura de la Muestra	19.5	10.4	12.5	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	pH	6.12	6.23	6.30	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E	5 - 9	5 - 9
	Conductividad	125.2	77.0	75.6	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Disueltos Totales	65.6	40.8	39.6	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Oxígeno Disuelto	5.94	5.04	5.60	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Sólidos Sedimentables	<0.10	<0.10	<0.10	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Acidez (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	<11	<11	18	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
ANÁLISIS DE LABORATORIO	Alcalinidad Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	68	19	43.0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Amonio (mg NH <sub>4</sub> /L)	<0.13	25.0	<0.13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Bicarbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	68.0	19.0	43.0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Carbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	<5.0	<5.0	<5.0	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Carbono Orgánico Total (mg C/L)	3.24	3.58	34.2	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	5000
	Cloruros (mg Cl/L)	<1.1	<1.1	<1.1	250	250	N.E	N.E	N.E	N.E
	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	>MNPC	909	183	20000	1000	5000	N.E	1000	N.E
	Color Verdadero (UPC)	13	25	26	75	20	N.E	N.E	N.E	NE
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L)	3.3	4.7	2.6	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Demanda Química de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L)	<10	16	13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	NE
	Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	83	34	85	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
	Escherichia coli (NMP/100 mL)	341	<1	<1	2000	N.E	1000	N.E	200	N.E
	Nitratos como N-NO <sub>3</sub> (mg N-NO <sub>3</sub> /L)	0.05	0.04	<0.03	10	10	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos como N-NO <sub>2</sub> (mg N-NO <sub>2</sub> /L)	<0.007	<0.007	<0.007	1	1	N.E	N.E	N.E	Ausente	

PARÁMETRO	RESULTADOS			NORMAS, DEC. 1594/84					
	Agua Subterránea 2- La Herrera	Agua Subterránea 3- La Herrera	Agua Subterránea 4- La Herrera	Artículo 38 Límite Consumo Humano	Artículo 39 Límite Consumo Humano	Artículo 40 Límite uso	Artículo 41 Límite uso pecuario	Artículo 42 Fines Recreativos Contacto	Artículo 43 Fines Recreativos Contacto
Nitrógeno Amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L)	0.1	19	<0.10	1	1	N.E	N.E	N.E	N.E
Ortofosfatos como P-PO <sub>4</sub> (mg P-PO <sub>4</sub> /L)	< 0.017	< 0.017	0.182	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sólidos Suspendidos Totales (mg SST/L)	11	13	40	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> /L)	4	1380	11	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	NE
Turbiedad (NTU)	7.86	14	136	N.E	190	N.E	N.E	N.E	N.E
Calcio Total (mg Metal/L)	13.88	2.64	13.46	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Hierro Total (mg Metal/L)	1.83	0.41	20.61	N.E	N.E	5	N.E	N.E	N.E
Magnesio Total (mg Metal/L)	3.51	1.11	10.48	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Potasio Total (mg Metal/L)	2.26	<0.5	2.97	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Sodio Total (mg Metal/L)	11.32	2.99	8.13	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitrógeno Total (mg N/L)	3.19	3.02	2.02	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E	N.E

NE: no especifica,

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente.

La temperatura de los acuíferos 2, 3 y 4-La Herrera fue 19.5, 10.4 y 12.5 °C respectivamente, estas temperaturas son acordes con el sitio de muestreo; el valor del pH fue de 6.12, 6.23 y 6.30 en ese mismo orden unidades, de esta forma en los tres puntos de muestreo se sale del rango establecido por el decreto 1594 de 1984 en su artículo 39 (Limite consumo humano -desinfección), si se compara con los otros artículos del decreto en mención el parámetro estaría cumpliendo.

La conductividad fue de 125.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para el acuífero 2, 77  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el acuífero 3 y 75.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el acuífero 4; Los sólidos disueltos totales fueron de 65.6 mg/L y de 40.8 mg/L y 39.6 mg/L, concentraciones acordes con las conductividades determinadas, los valores de la conductividad y los sólidos disueltos totales son típicos en las aguas subterráneas de la región. La concentración de oxígeno disuelto fue baja en los tres puntos evaluados con valores de 5.94, 5.04 y 5.60 mg/L valores coherentes con las condiciones típicas de las aguas subterráneas, ya que estas carecen de fuentes de oxigenación.

#### Acidez Total

La acidez determinada en los puntos de muestreo Agua subterránea 2 y 3 fue de menor de 11 mg/L  $\text{CaCO}_3$  mientras la calculada para el número 4 fue de 18 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , estos valores son bajos y no indican alteraciones del recurso por agentes acidificantes, este parámetro no se encuentra regulado en la resolución 1594 de 1984.

#### Dureza Total

La Dureza Total para los puntos de agua subterránea 2, 3, y 4- La Herrera, fue de 83, 34 y 85 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  respectivamente, en ese orden de ideas el agua evaluada de los puntos 2 y 4 se clasifican como aguas ligeramente Duras, mientras el punto 3 sería una agua Blanda. Este parámetro no se encuentra referido en el decreto 1594 de 1984.

#### Alcalinidad Total y Bicarbonatos

La alcalinidad total y los bicarbonatos determinados en el laboratorio fue de 68 mg/L  $\text{CaCO}_3$  Agua Subterránea 2, 19 mg/L  $\text{CaCO}_3$  Agua Subterránea 3 y 43.0 mg/L  $\text{CaCO}_3$  Agua Subterránea 4, este parámetro no se encuentra regulado.

#### Amonio

La concentración de amonio en Agua Subterránea 2 y 4 fueron menor a 0.13 mg  $\text{NH}_4/\text{L}$  en el punto agua subterránea 3 la concentración fue de 25 0.13 mg  $\text{NH}_4/\text{L}$ . Este parámetro no se encuentra regulado.

#### Cloruros

La concentración de cloruros en los tres puntos de monitoreos es menor a 1.1 mg/L Cl. Este parámetro cumple con el límite de 250 mg/L Cl establecido en el Decreto 1594 de 1984.

### Coliformes totales y fecales

La concentración de coliformes totales en el punto de agua subterránea número 2 fue muy numerosa para contar (MNPC), en el punto 3 fue de 909 NMP/100mL y en el punto 4 fue de 183 NMP/100mL. En este parámetro no se cumple la norma vigente en el punto 2. Los Coliformes fecales presentaron concentraciones de 341, <1 y <1 NMP/100mL siguiendo el mismo orden anterior, e igual que los Coliformes totales el punto 2 sobrepasa lo establecido en uno de los artículos del decreto 1594 de 1984.

### DBO-5

La Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos de agua subterránea 2, 3 y 4 fueron de 3.3, 4.7 y 2.6 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente, estos valores son muy bajos e indican la poca contaminación por materia orgánica del recurso evaluado, este parámetro no se encuentra normalizado.

### DQO

La Demanda Química de Oxígeno en los puntos de agua subterránea 2, 3 y 4 fueron de <10, 16 y 13 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente, estos valores son muy bajos e indican la poca contaminación por materia orgánica del recurso evaluado, también son coherentes con la DBO calculada para estos mismos puntos, este parámetro no se encuentra normalizado.

### Nitrógeno total

Estos parámetros comprenden de nitrógeno total, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. Nitrógeno total presenta una concentración máxima de 3.19 mg N/L. Los nitratos tienen una concentración de 0.05 mg/L-<sub>NO<sub>3</sub></sub>, como máxima en los tres cuerpos de agua, este parámetro tiene un límite en la norma de 10 mg/L-<sub>NO<sub>3</sub></sub>. Los nitritos y el nitrógeno amoniacal tienen concentraciones máximas: <0.007 mg/L-<sub>NO<sub>2</sub></sub> y 19 mg/L-<sub>NH<sub>3</sub></sub> respectivamente, vemos que en el único caso donde hay un incumplimiento de la resolución es en el punto 3, para el parámetro Nitrógeno Amoniacal.

### Ortofosfatos

La concentración máxima de este parámetro es 0.183 mgP-PO<sub>4</sub>/L, esta variable no se encuentra en el decreto 1594 de 1984.

### Sólidos Totales-Sólidos Sedimentables- Sólidos Suspendedos Totales.

La concentración de sólidos suspendidos totales en los puntos de agua subterránea 2, 3 y 4 fue de 11, 13 y 40 mg/L, respectivamente, estas concentraciones son típicas de este tipo de aguas. El Decreto 1594 no establece un límite para este parámetro. La concentración de sólidos sedimentables máximas en los tres puntos no supera 0.1 mL-L. Este parámetro no se encuentra regulado en el Decreto 1594.

### Sulfatos

La concentración de sulfatos en los puntos de agua subterránea 2, 3 y 4 fueron 3.6, 1380 y 11 mg SO<sub>4</sub>/L respectivamente, nótese que la concentración de sulfatos fue muy alta para el punto de monitoreo número 3, teniendo como referencia que el contenido máximo permitido por la OMS para aguas de bebida es 400 mg SO<sub>4</sub>/L, El origen de estos compuestos puede ser geológico, por dilución de rocas lutitas arenosa comúnmente presentes en pozos surgentes, como el evaluado.

### Turbiedad

La turbiedad determinada en los puntos de agua subterránea 2, 3 y 4 fueron de 7.86, 14 y 136 NTU respectivamente, los dos primeros puntos presentaron turbiedad baja, mientras el punto 4 presenta un valor más alto sin que con esto supere la norma de referencia.

### Metales

Los metales Sodio, Potasio, Magnesio y Calcio presentan concentraciones bajas, ninguno sobrepasa los límites establecidos en la normatividad; para el caso del Hierro que es un metal presente con normalidad en las aguas subterráneas, se ve una concentración importante que supera la norma en el pozo emergente número 4, en los otros puntos las concentraciones son muy bajas.

### **Índices De Contaminación ICO.**

El cálculo de los índices ICO se llevó a cabo gracias a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados *In situ* y en el laboratorio.

En la Tabla 170 se observan los resultados de los cálculos de los índices de contaminación, de acuerdo con la metodología ICO.

**Tabla 170 Resultados Cálculo de índices de Contaminación ICO.**

PARÁMETRO	Agua Subterránea 3- La Herrera		Agua Subterránea 4- La Herrera		Agua Subterránea 2- La Herrera	
	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN	VALOR	CONTAMINACIÓN
<b>ICOMO</b>	<b>0.368</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.244</b>	<b>BAJA</b>	<b>0.564</b>	<b>MEDIA</b>
I. Oxígeno %	0.468		0.491		0.380	
I Coliformes totales	0.217		0.000		1.000	
I. DBO-5	0.420		0.240		0.313	
<b>ICOMI</b>	<b>0.093</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.090</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.223</b>	<b>BAJA</b>
I. Conductividad	0.185		0.181		0.355	
I. Alcalinidad	0.000		0.000		0.090	
<b>ICOPH</b>	<b>0.014</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.011</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.020</b>	<b>NINGUNA</b>
pH	6.23		6.30		6.12	
<b>ICOSUS</b>	<b>0.019</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.100</b>	<b>NINGUNA</b>	<b>0.013</b>	<b>NINGUNA</b>
Sólidos suspendidos, mg/L	13		40		11	

Fuente: CIMA, 2013.

En la tabla anterior se observa que el índice ICOMO para los tres puntos de agua analizados presentan contaminación "BAJA", al igual que el punto 2 para el ICOMI, todos los otros índices calculados en los tres pozos emergentes, presentan contaminación "NINGUNA", lo anterior ratifica la buena calidad del recurso en términos generales.

- **Resultados hidrobiológicos**

A continuación se presenta la relación entre la caracterización hidrobiológica y la calidad del agua de las fuentes estudiadas, los resultados del estudio hidrobiológico en general se detallan en el numeral 3.3.2 Ecosistemas Acuáticos.

Para establecer una posible correlación entre parámetros fisicoquímicos y la diversidad de cada comunidad, se ha realizado un análisis de correlación Pearson, relacionando el índice de diversidad de Shannon con el pH, la Conductividad, los sólidos disueltos totales (SDT) y el oxígeno disuelto (OD).

### Fitoplancton

En la Tabla 171 se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Fitoplanctónica.

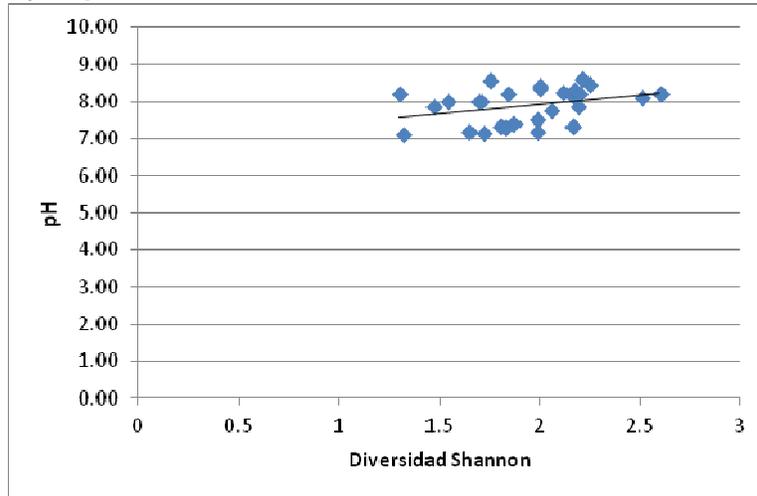
**Tabla 171 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Fitoplanctónica**

Shannon-pH	Shannon-Conductividad	Shannon-SDT	Shannon-OD
0,34114334	-0,145614284	-0,144639707	-0,01011755

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

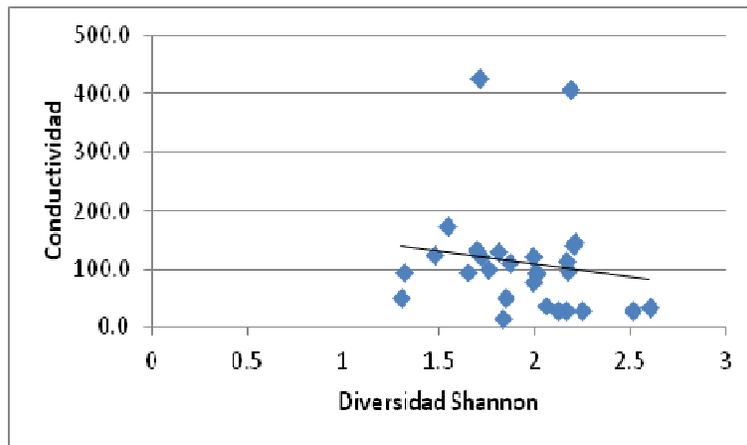
De acuerdo a los resultados obtenidos y según se observa en la Figura 119 la correlación existente entre el índice de Shannon y el pH es directa, para el caso de las correlaciones entre el índice de Shannon y la conductividad (Figura 120), el índice de Shannon y SDT (Figura 121) y entre el índice de Shannon y el oxígeno disuelto se trata de correlaciones inversas o negativas. Lo anterior sugiere que tanto los altos como los bajos índices de diversidad obtenidos son independientes de las condiciones fisicoquímicas de los cuerpos de agua monitoreados.

**Figura 119** resultado del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Fitoplanctónica y el pH



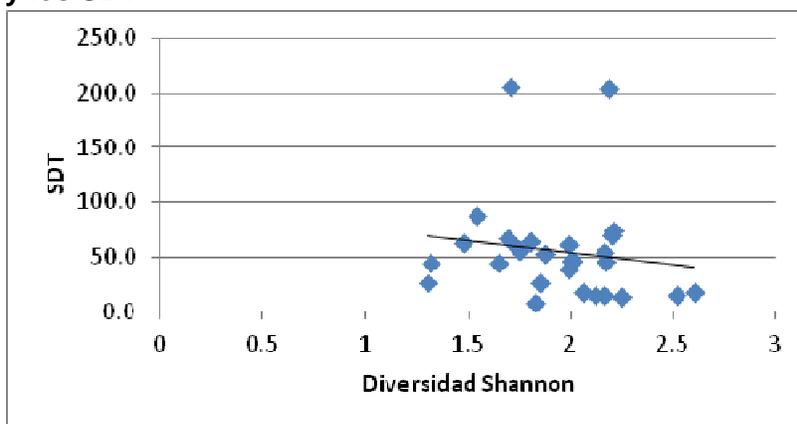
Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Figura 120** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Fitoplancton y la conductividad



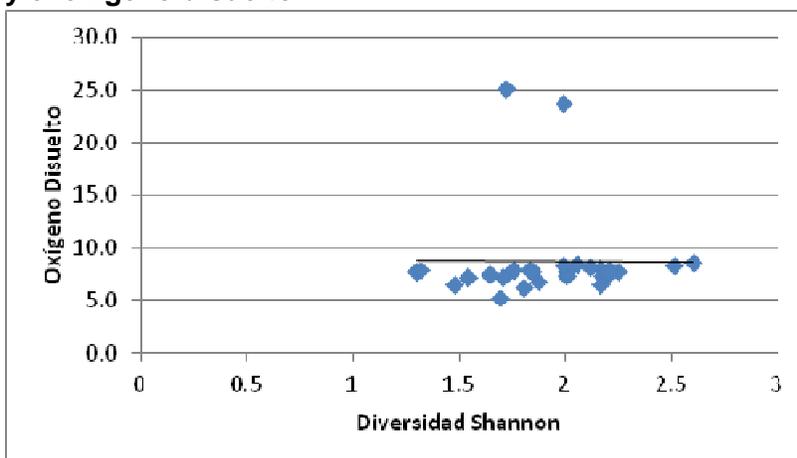
Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Figura 121 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Fitoplancton y los SDT**



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

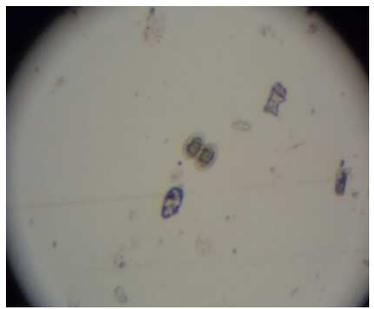
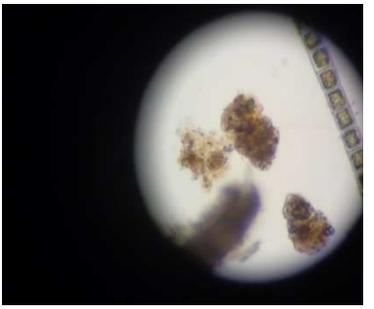
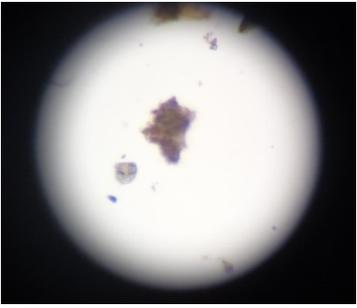
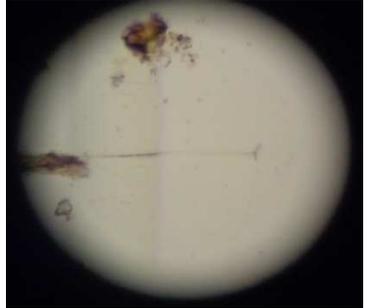
**Figura 122 Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Fitoplancton y el oxígeno disuelto**

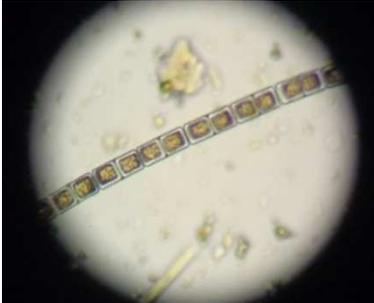
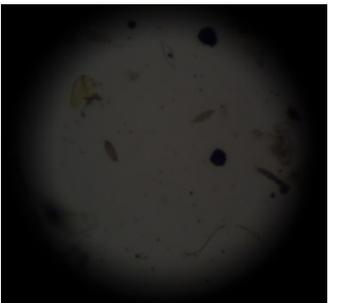
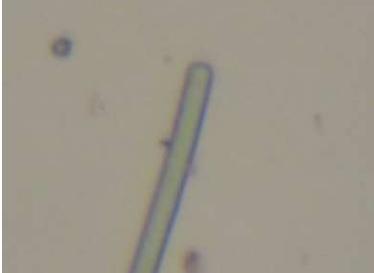


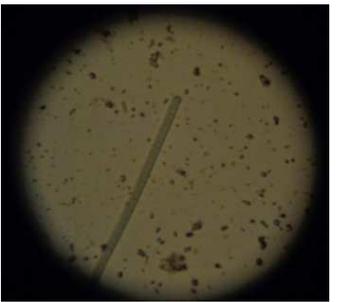
Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

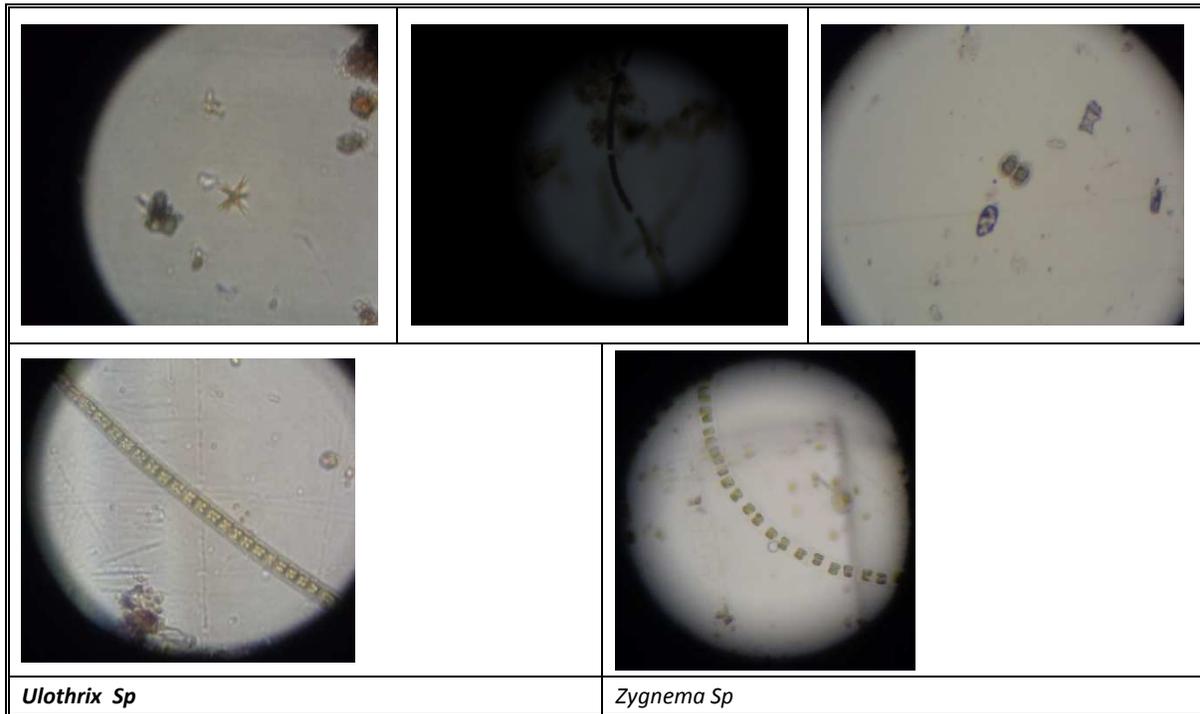
A continuación en la Tabla 172 se presenta el registro fotográfico de las especies representativas de la comunidad Fitoplanctónica encontrada.

**Tabla 172 Especies más representativas de la comunidad Fitoplanctónica**

		
<i>Actinastrum Sp</i>	<i>Anabaena Sp</i>	<i>Ankistrodesmus Sp</i>
		
<i>Ankistrodesmus Sp</i>	<i>Aphanocapsa Sp</i>	<i>Arthrospira Sp</i>
		
<i>Botryococcus Sp</i>	<i>Calothrix Sp</i>	<i>Cymatopleura Sp</i>
		
<i>Cymbella Sp</i>	<i>Eunotia Sp</i>	<i>Fragilaria Sp</i>

		
		
<i>Gomphonema Sp</i>	<i>Microspora Sp</i>	<i>Mougeotia Sp</i>
		
<i>Navicula Sp</i>	<i>Nitzschia Sp</i>	<i>Fragilaria Sp</i>
		
<i>Oocystis Sp</i>	<i>Oscillatoria Sp</i>	<i>Pediastrum biwae</i>

		
		
<i>Phormidium Sp</i>	<i>Pinnularia Sp</i>	<i>Pseudoanabaena Sp</i>
		
<i>Surirella Sp</i>	<i>Synedra Sp</i>	<i>Tetrasporidium Sp</i>



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

## Zooplankton

En la Tabla 173, se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Zooplanctónica.

**Tabla 173 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Zooplanctónica**

Shannon-pH	Shannon-Conductividad	Shannon-SDT	Shannon-OD
0,25585757	0,21837804	0,23336726	-0,0251166

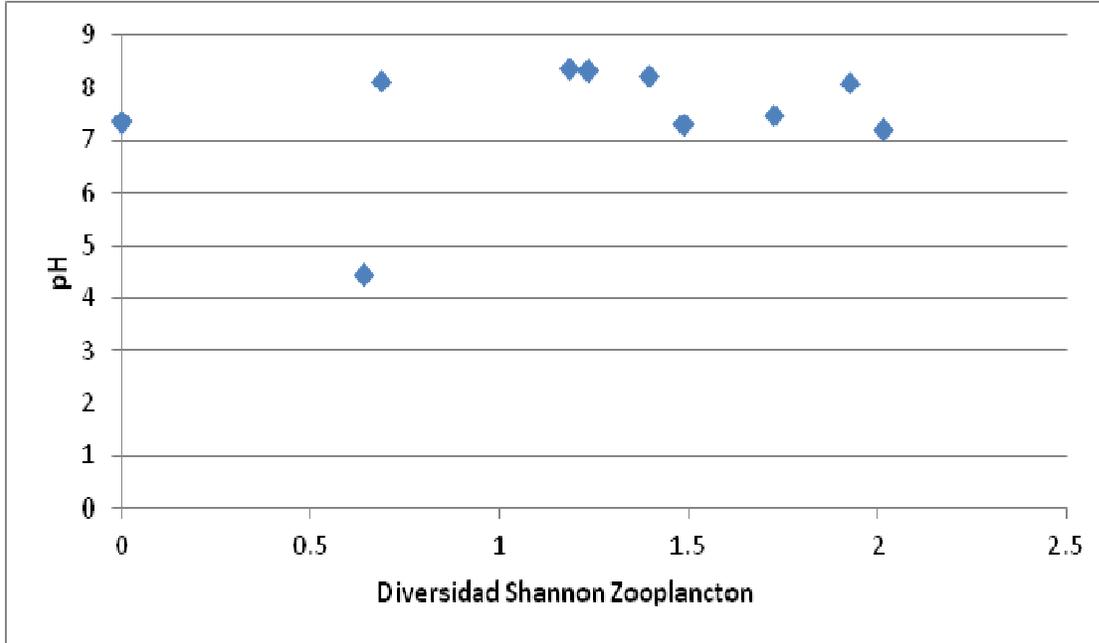
Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

De acuerdo a los resultados obtenidos y según se observa en la Figura 123 a la Figura 126, la correlación existente entre el índice de Shannon y el pH, Conductividad y SDT es directa, para el caso de las correlaciones entre el índice de Shannon y el Oxígeno Disuelto, se trata de correlaciones inversas o negativas. Lo anterior sugiere que tanto los altos como los bajos índices de diversidad obtenidos son dependientes de las condiciones fisicoquímicas de los cuerpos de agua monitoreados exoptuando al oxígeno disuelto.

**Figura 123** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Zooplancton y el pH,

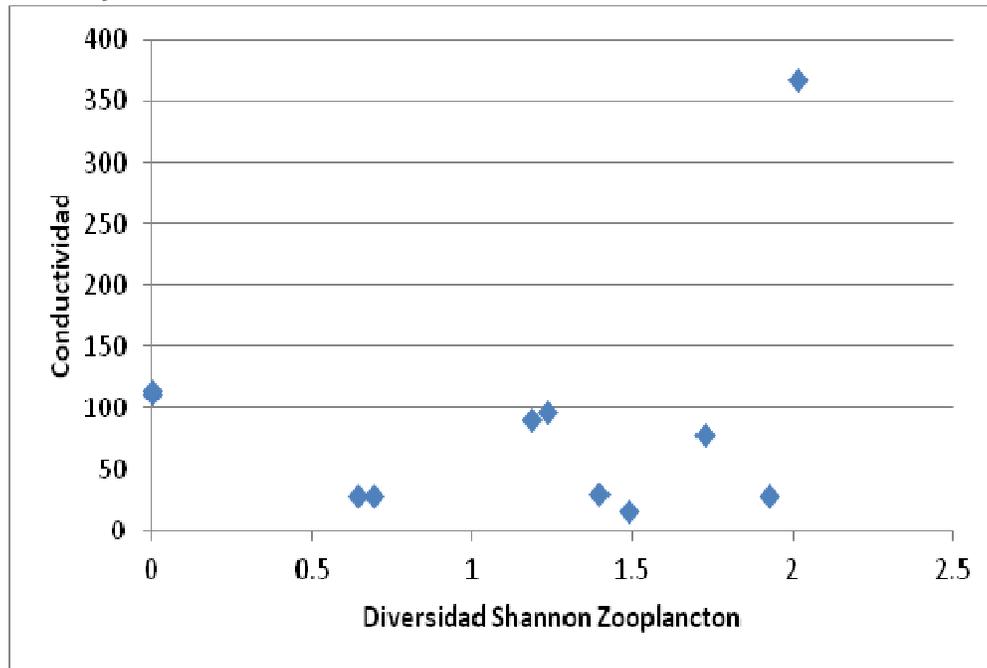
Figura

126



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

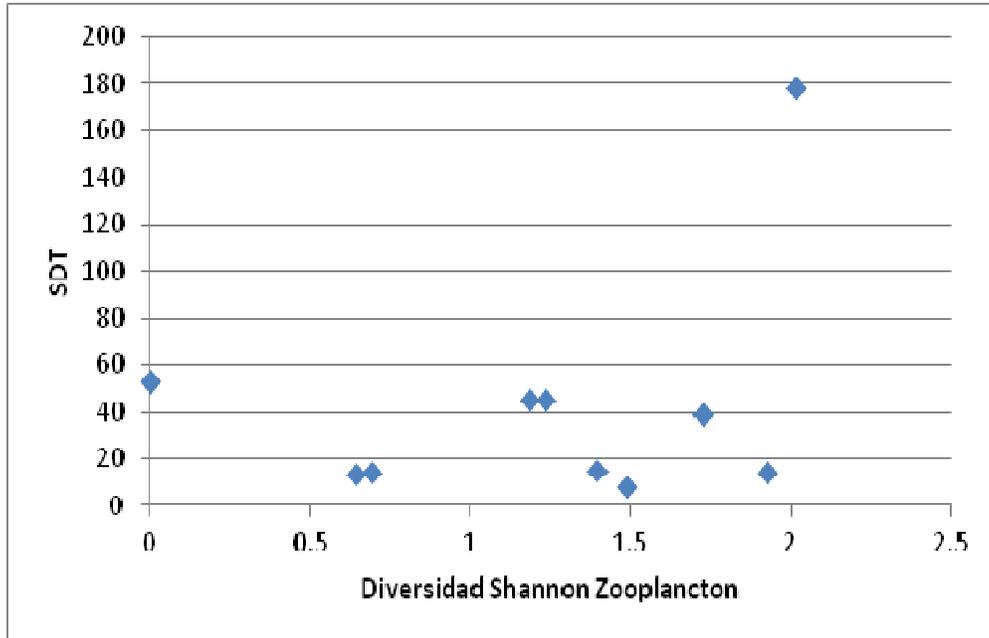
**Figura 124** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Zooplancton y la conductividad



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

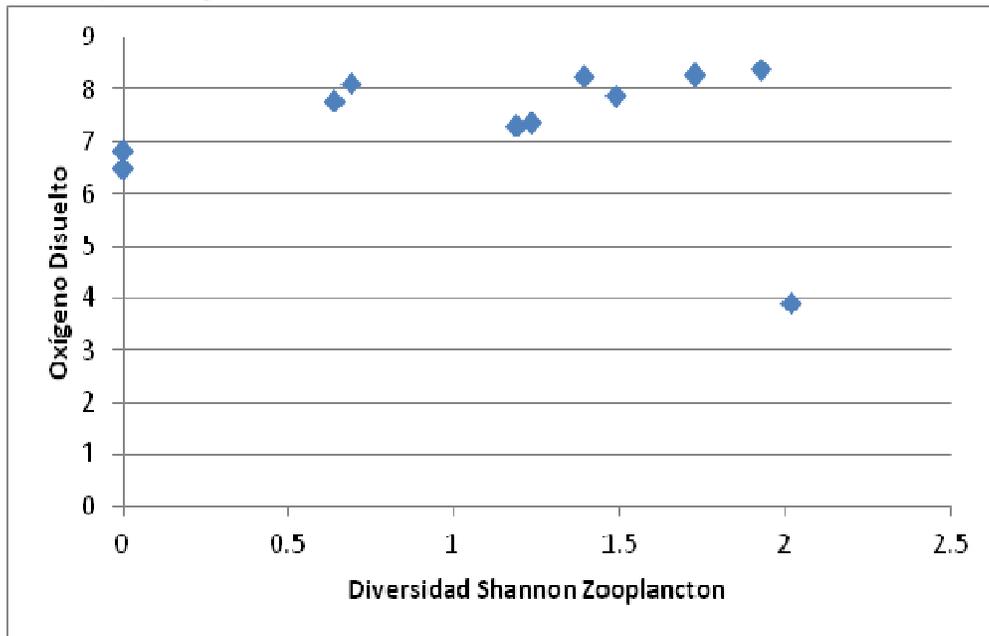
573

**Figura 125** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Zooplancton y los SDT



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

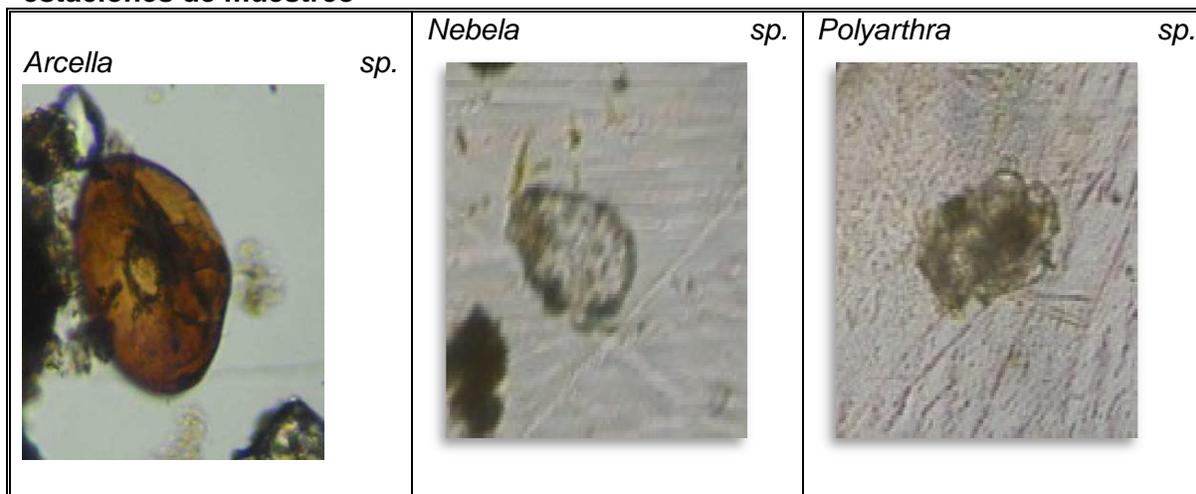
**Figura 126** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Zooplancton y el oxígeno disuelto



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

A continuación en la Tabla 174 se presenta el registro fotográfico de las especies representativas de la comunidad Fitoplanctónica encontradas.

**Tabla 174 Taxas más representativos de la comunidad Zooplanctónica en las estaciones de muestreo**



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

### Comunidad Perifítica

En la Tabla 175, se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Fitoplanctónica.

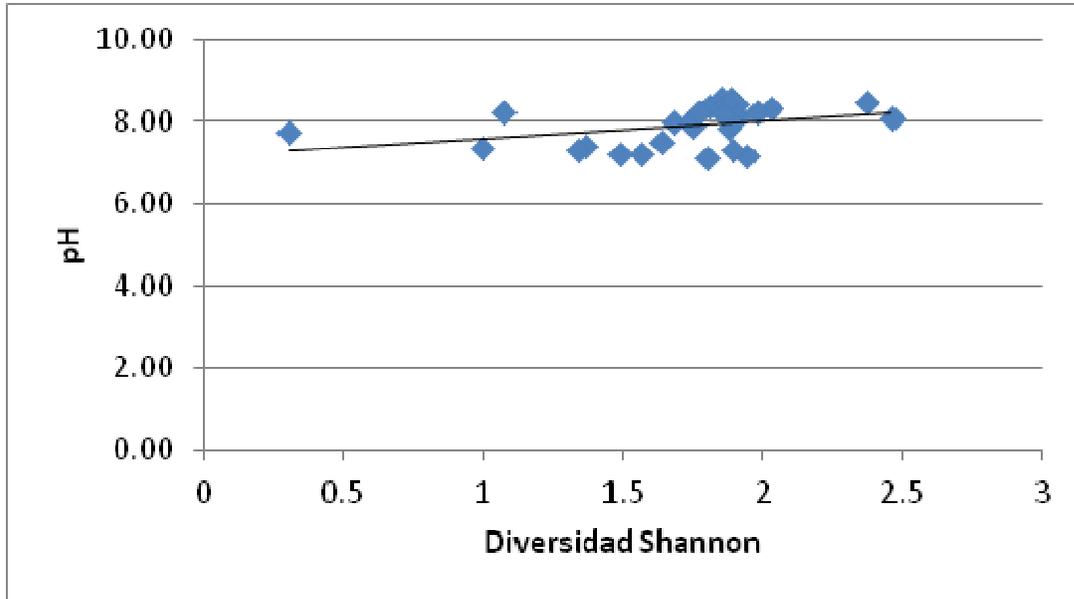
**Tabla 175 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Perifítica**

Shannon-pH	Shannon-Conductividad	Shannon-SDT	Shannon-OD
0,36893726	0,125619963	0,132281618	0,029429395

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

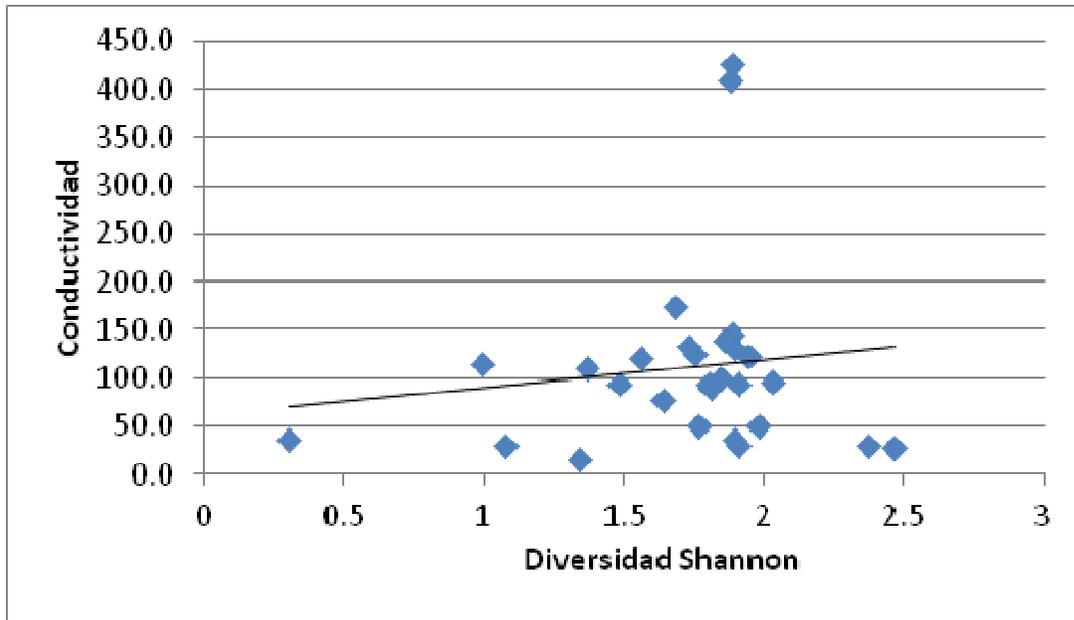
De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 175 y como se observa en la Figura 127 a la Figura 130, la correlación existente entre el índice de diversidad de Shannon con el pH, la conductividad, SDT y el oxígeno disuelto es una relación directa o positiva, siendo más próxima a una correlación directa perfecta (cercana a 1) la existente entre el índice de Shannon y el pH, mientras que para el caso del índice de Shannon con el oxígeno disuelto, estaría más alejada de esta y más próxima a una correlación nula.

**Figura 127** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad Shannon Perifiton y el pH



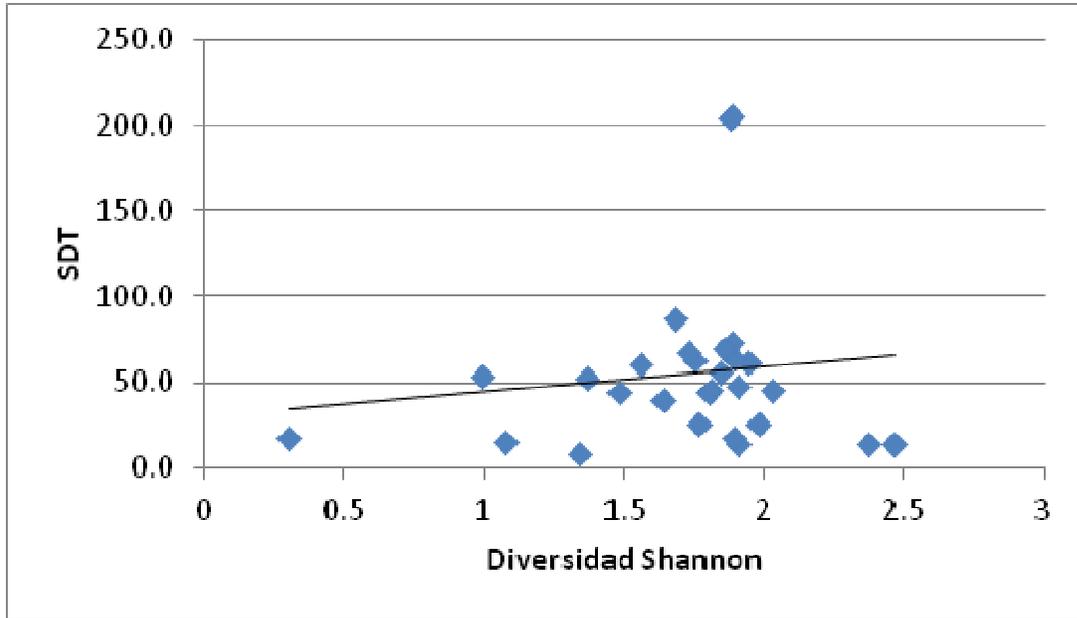
Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Figura 128** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Perifiton y la conductividad



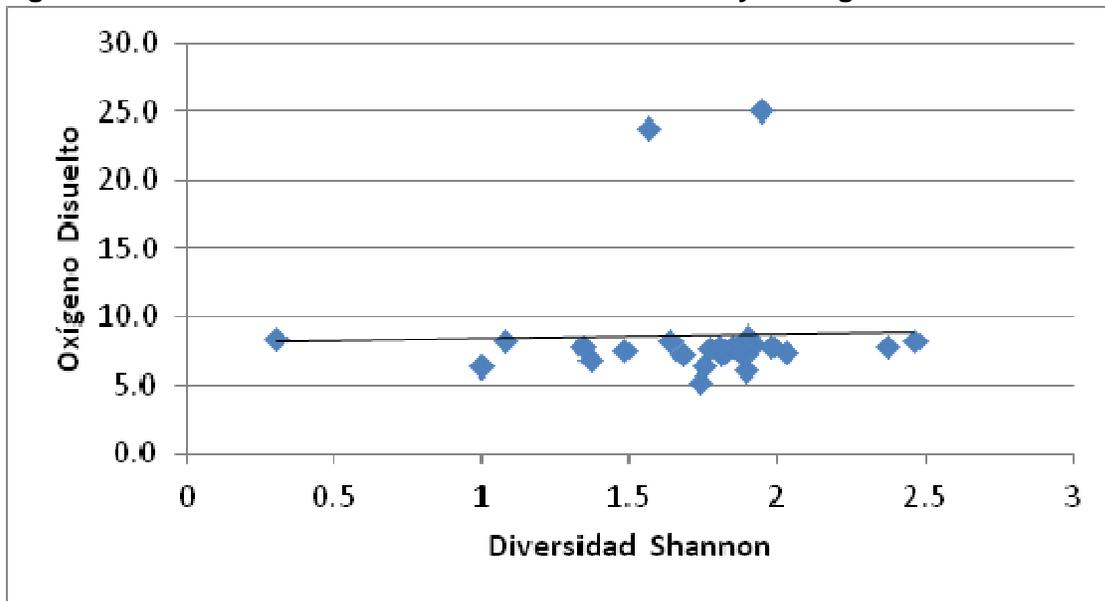
Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Figura 129** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Perifiton y los SDT



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

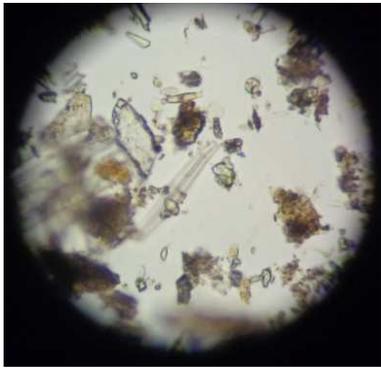
**Figura 130** Índice de diversidad de Shannon Perifiton y el oxígeno disuelto



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

A continuación en la Tabla 176 se presenta el registro fotográfico de las especies representativas de la comunidad Perifítica encontrada.

**Tabla 176 Especies más representativas de la comunidad Perifítica**

	
<i>Achnanthes Sp</i>	<i>Actinastrum Sp</i>
	
<i>Gyrosigma Sp</i>	<i>Ulva sp</i>
Nota: Algunas de las especies también se encuentran dentro del fitoplancton	

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

### Comunidad Bentónica

En la Tabla 177, se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Bentónica.

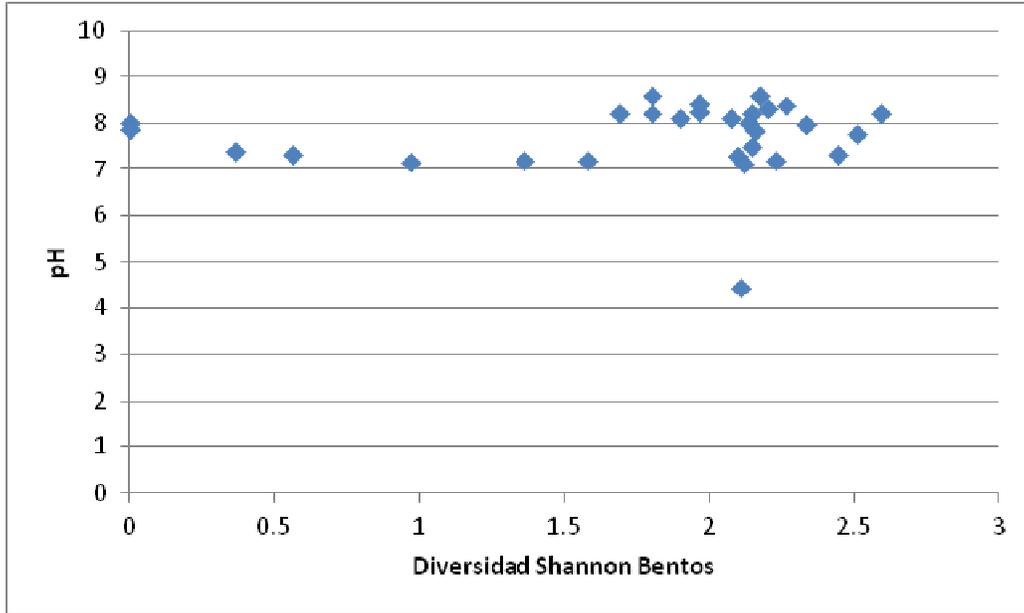
**Tabla 177 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson para la comunidad Bentónica**

Shannon-pH	Shannon-Conductividad	Shannon-SDT	Shannon-OD
0,06960725	-0,05688816	-0,0541673	-0,16781866

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

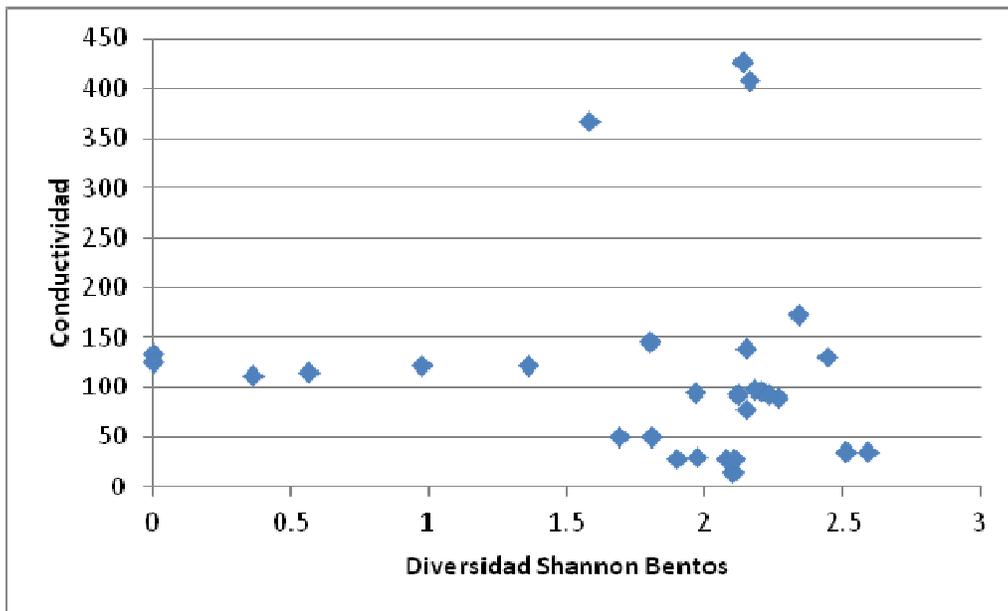
De acuerdo a los resultados obtenidos y según se observa en la Figura 131 la correlación existente entre el índice de Shannon y el pH es directa, a diferencia de las correlaciones entre el índice de Shannon y la conductividad (Figura 132), el índice de Shannon y SDT (15) y entre el índice de Shannon y el oxígeno disuelto (Figura 134) se trata de correlaciones inversas o negativas. Lo anterior sugiere que tanto los altos como los bajos índices de diversidad obtenidos son independientes de las condiciones fisicoquímicas de los cuerpos de agua monitoreados.

**Figura 131** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Bentos y el pH



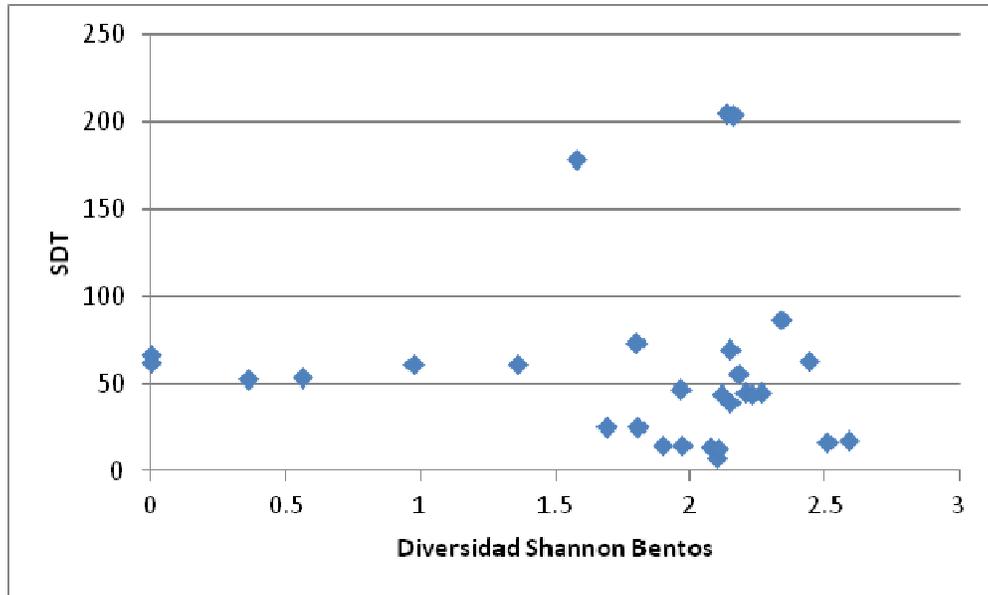
Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Figura 132** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Bentos y la conductividad



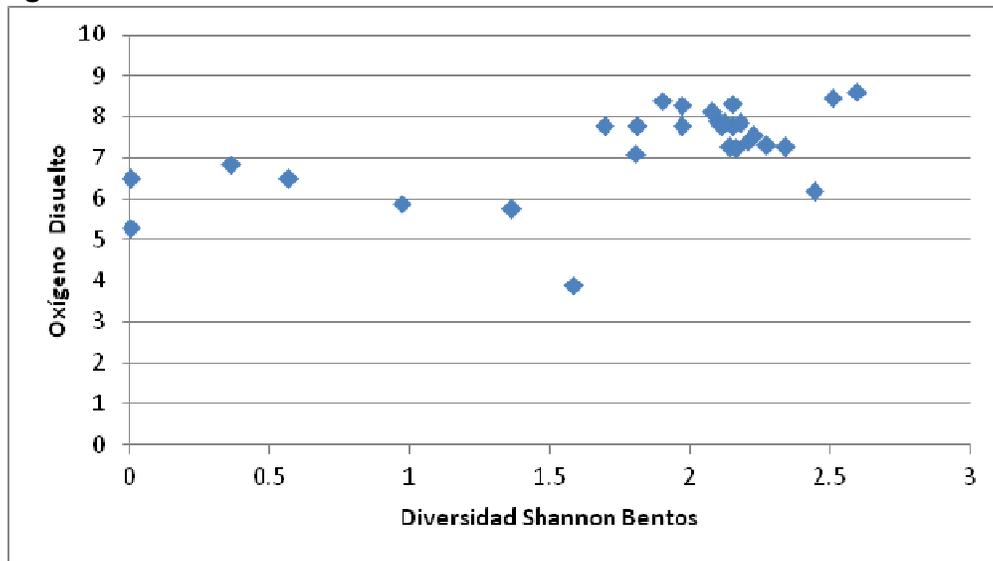
Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Figura 133** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Bentos y los SDT



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Figura 134** Correlación de Pearson entre el índice de diversidad de Shannon Bentos y el Oxígeno disuelto



Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

A continuación en la Tabla 178 se identifican las familias más representativas de cada una de las estaciones de muestreo.

**Tabla 178 Especies más representativas de la comunidad Bentónica**

<p><b>BLEPHARICERIDAE.</b></p> 	<p><b>HYDROPSYCHIDAE</b></p> 	<p><b>ELMIDAE</b></p> 
<p><b>BAETIDAE</b></p> 	<p><b>HELICOPSYCHIDAE</b></p> 	<p><b>CHIRONOMIDAE</b></p> 
<p><b>SIMULIIDAE</b></p> 	<p><b>PERLIDAE.</b></p> 	<p><b>HIDROBIOSIDAE</b></p> 

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

### **Hábitat y ecología de la comunidad Bentónica**

Los organismos que hacen parte de la comunidad Bentónica lograron encontrarse en el fondo de los cuerpos de agua estudiados, enterrados en el fango y la arena o adheridos a troncos, vegetación sumergida y rocas.

Desempeñan un papel importante el flujo de energía hacia los demás organismos heterótrofos, si bien los consumidores de primer orden se alimentan de autótrofos como algas y plantas, los de segundo, tercero y superiores se alimentan de otros animales, esta cualidad hace que la red trófica de los ecosistemas acuáticos continentales sea débil lo que permite que cualquier alteración generada pueda provocar un impacto de tal magnitud que pueda llegar a romper el equilibrio de este (Roldan 1989).

Como se pudo evidenciar en las diferentes estaciones de muestreo estudiadas el sustrato presente permite el establecimiento apropiado de las comunidades bentónicas, la presencia de arenas, limos, arcillas, hojarasca, troncos, piedras, acompañados del aporte de materia orgánica mediado por material vegetal en descomposición, representan condiciones adecuadas para el desarrollo de estos macroinvertebrados acuáticos.

### **Bioindicación**

El índice de sensibilidad BMWP está basado en la asignación de valores de indicación de tolerancia a la contaminación entre 1 y 10 para las familias de macroinvertebrados bentónicos encontrados, siendo los más altos los que menos tolerancia tienen a aguas contaminadas y por lo tanto indicadores de aguas limpias dio como resultado que los cuerpos de agua muestreados en general muestran indicios de contaminación y se clasifican en la clase II, adicionalmente en las Tabla 179 Clasificación de las aguas y su significado ecológico a la Tabla 182 Clasificación de las fuentes hídricas según BMWP se presentan las fuentes hídricas con aguas fuertemente contaminadas o que las condiciones ecológicas en el punto de muestreo no son las mejores para obtener una representatividad de los organismos de la comunidad Bentónica, por lo tanto su calidad de agua es muy crítica y no son aptas para el consumo humano y animal y deben pasar esencialmente por procesos de potabilización antes de ser aprovechadas.

**Tabla 179 Clasificación de las aguas y su significado ecológico**

Clase	Valor	Significado	Color
I	>120	Aguas limpias	Azul
	101-120	Aguas no contaminadas	
II	61-100	Evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
III	36-60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Tabla 180 Clasificación de las fuentes hídricas según BMWP**

CUERPOS DE AGUA	Humedal El Estero	Quebrada Bejuqueño 100m abajo	Quebrada Bejuqueño 100m arriba	Quebrada El Triunfo 100m abajo	Quebrada El Triunfo 100m arriba	Quebrada Montalvo 100m abajo	Quebrada Montalvo 100m arriba	Rio Bache 100m abajo	Rio Bache 100m arriba
BMWP	19	53	51	64	64	79	89	53	67
NUMERO DE FAMILIAS	5	8	8	10	10	13	14	8	9
SIGNIFICADO	CLASE V	CLASE III	CLASE III	CLASE II	CLASE II	CLASE II	CLASE II	CLASE III	CLASE II

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Tabla 181 Clasificación de las fuentes hídricas según BMWP**

Tabla 80 CUERPOS DE AGUA	Rio Cauca 100m abajo	Rio Cauca 100m arriba	Rio claro 100m abajo	Rio claro 100m arriba	Rio El Nilo 100m abajo	Rio El Nilo 100m arriba	Rio Fraile 100m abajo	Rio Fraile 100m arriba	Rio Hereje 100m abajo	Rio Hereje 100m arriba
BMWP	4	4	60	63	63	66	95	95	68	71
NUMERO DE FAMILIAS	1	1	9	10	11	10	16	16	10	11
SIGNIFICADO	CLASE V	CLASE V	CLASE III	CLASE II	CLASE II	CLASE II	CLASE II	CLASE II	CLASE II	CLASE II

Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

**Tabla 182 Clasificación de las fuentes hídricas según BMWP**

CUERPOS DE AGUA	Rio Iquirá 100m abajo	Rio Iquirá 100m arriba	Rio las Cañas 100m abajo	Rio las Cañas 100m arriba	Rio Páez Abajo	Rio Páez arriba	Q. Pedernal 100m abajo	Q. Pedernal 100m arriba	Rio Siquilá 100m abajo	Rio Siquilá 100m arriba
BMWP	78	78	57	57	8	8	74	74	80	80
NUMERO DE FAMILIAS	13	13	10	10	1	1	15	15	14	14
SIGNIFICADO	CLASE II	CLASE II	CLASE III	CLASE III	CLASE V	CLASE V	CLASE II	CLASE II	CLASE II	CLASE II

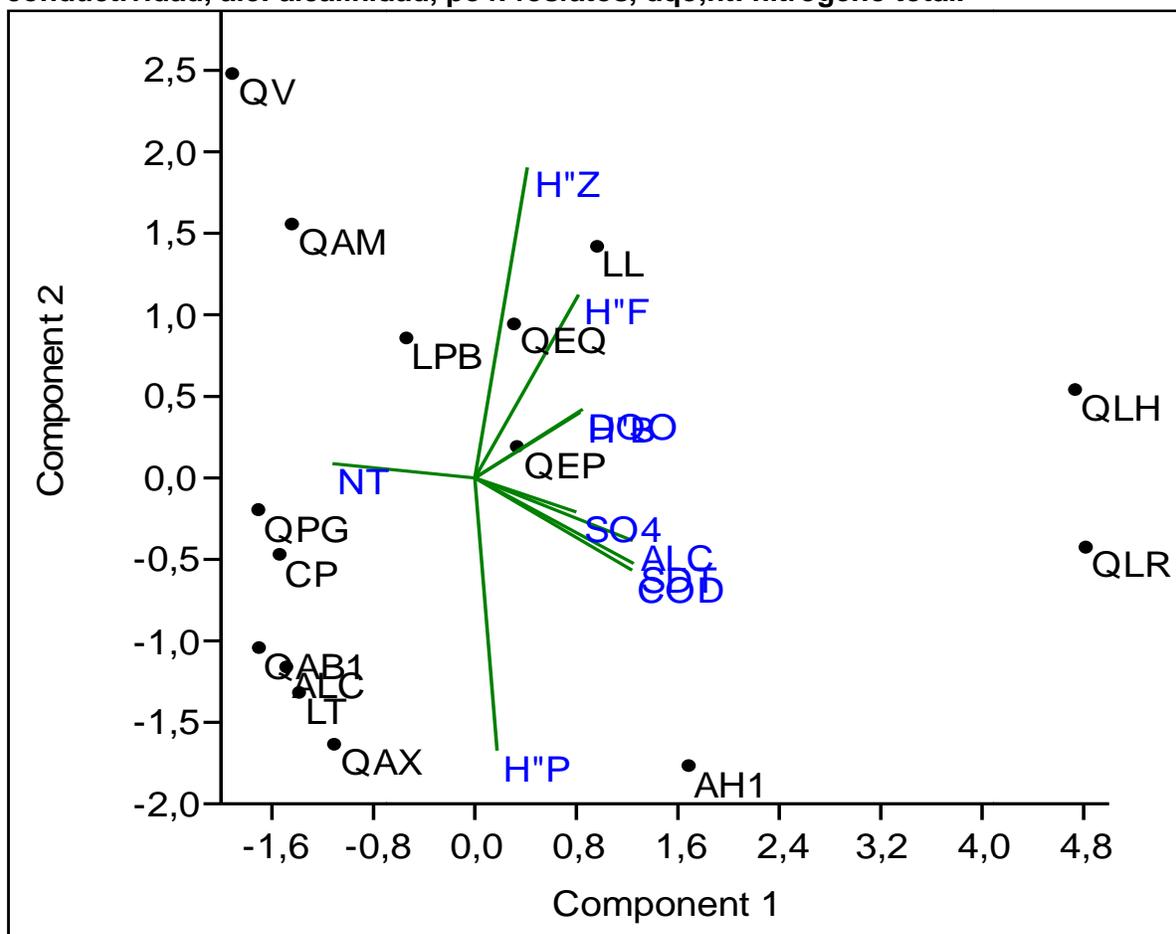
Fuente: CIMA- Corporación Integral del Medio Ambiente. 2013

- **Análisis De Las Fuentes Hídricas Relacionando Componentes Bióticos Y Físicoquímicos.**

En la Figura 135 se representan los resultados del análisis de componentes principales (ACP) correlacionando la información fisicoquímica y la característica estructural más importante de las comunidades Fitoplanctónica, Zooplanctónica, Perifítica y Bentónica

como lo es la Diversidad, haciendo énfasis en los dos primeros componentes que explican más del 50% de la varianza, por su parte la Tabla 183 muestra las equivalencias y los códigos de las estaciones para el ACP.

**Figura 135 Correlaciones espaciales y entre algunas variables físico-químicas y de estructura de la comunidad fitoplanctónica, zooplanctónica, perifítica y bentónica:** h': diversidad de shannon-wiener, sdt: sólidos disueltos totales, cod: conductividad, alc: alcalinidad, po4: fosfatos, dqo, nt: nitrógeno total.



Fuente: CIMA Corporación Integral del Medio Ambiente, 2014

**Tabla 183 Equivalencias De Las Estaciones De Monitoreo Y Los Códigos Asignados En El ACP.**

Estaciones	Códigos
Quebrada La Represa	QLR
Quebrada El Quebradón	QEQ
Quebrada La Honda	QLH
Arrollo la Holanda 1	AH1
Quebrada El Paso	QEP
Laguna Linda	LL
Quebrada Albania 1	QAB1
Quebrada Amarillita	QAM
Quebrada El Venado	QV

Estaciones	Códigos
Arroyo la Cascada	ALC
Quebrada El Auxilio	QAX
Ciénaga el Purgatorio	CP
Quebrada El Purgatorio	QPG
Laguna Patio Bonito	LPB
La Turbera	LT

Fuente: CIMA Corporación Integral del Medio Ambiente, 2014

El análisis de componentes principales y los datos fisicoquímicos sin procesar Permiten establecer que en los puntos de monitoreo Arroyo La Holanda 1, Quebrada La Represa, Quebrada La Honda y Quebrada El Paso hay indicios que apuntan a que en estos cuerpos de agua se están presentando procesos de mineralización, por su Parte se evidencia una de las mejores estructuras de la comunidad Fitoplanctónica y Zooplanctónica en Laguna Patio Bonito y Laguna Linda, ambos organismos hacen parte del Plancton y permiten establecer que hay un buen flujo de energía hacia los niveles tróficos superiores en los primeros eslabones de la cadena, estos resultados son coherentes con el tipo de ecosistema acuático Lentic al que pertenecen.

Los resultados indican que el componente Bentónico se caracteriza por la presencia de una estructura de especies (riqueza) mejor representada en comparación con los demás miembros de la comunidad hidrobiológica

Con respecto al pH la gran mayoría de los cuerpos de agua se encontraron con valores que oscilaron entre 6 y 7 con tendencia a la neutralidad lo cual favorece la actividad biológica en las fuentes hídricas minimizando la toxicidad de potenciales agentes químicos que puedan ingresar al agua.

### 3.2.4.3 Conclusiones

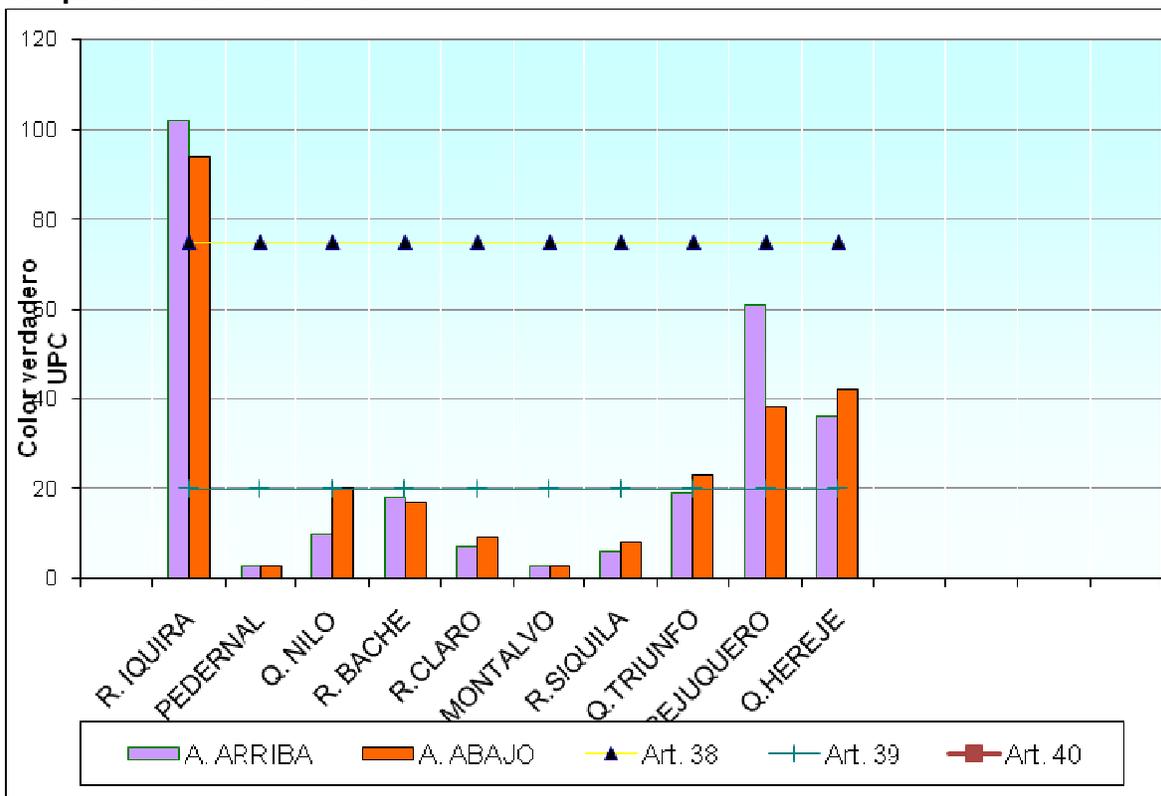
A partir de los resultados obtenidos en los estudios físico -químicos, y bacteriológicos realizados a los cuerpos de agua ubicados en el área de influencia, en desarrollo del EIA previo al proyecto: "línea de transmisión Tesalia-Alfárez 230 kv y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 - 2009" y según el análisis correspondiente se puede concluir que:

Los monitoreos de aguas superficiales se llevaron a cabo según lo establecido en la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del IDEAM entre los días 27 de julio y 10 de agosto de 2013, la segunda etapa se identificaron y monitorearon de las fuentes de agua superficial y subterránea ubicadas en el resguardo indígena de las Mercedes entre en corregimiento de la Herrera y el páramo Las Hermosas. Dichos muestreos se realizaron entre el 30 de noviembre de 2013 y el 14 de enero de 2014 y la tercera etapa del estudio se identificaron las fuentes de agua superficial en el Valle del Cauca en los municipios de Pradera y Florida, muestreos llevados a cabo los días 05.06 y 07 de junio de 2014, días en los cuales predomina el tiempo seco.

El comportamiento de los parámetros evaluados y su comparación con la norma se visualiza en las siguientes figuras:

- **Color verdadero**

**Figura 136** Comportamiento del color verdadero en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

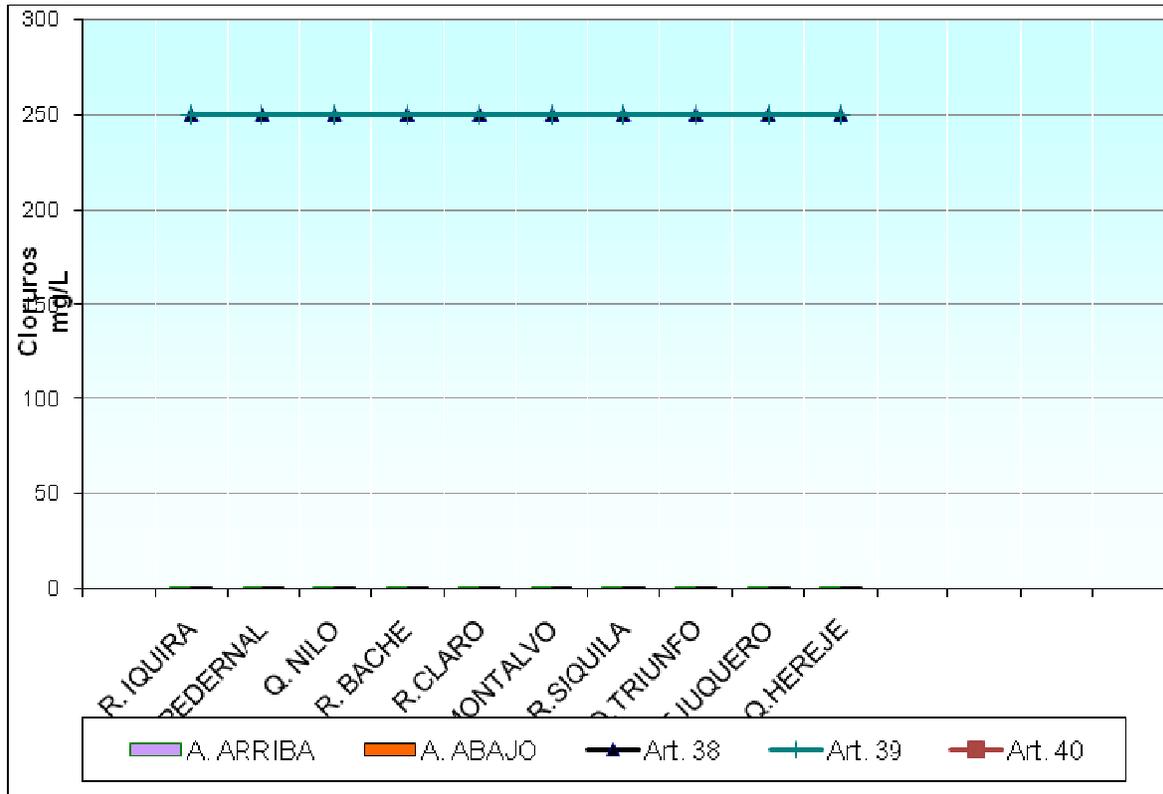


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38 y 39 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos fueron superados por los cuerpos de agua superficial: Río Siquila, Q. el triunfo, Q Bejuquero, Q hereje y Río Cauca, según la Figura 136 en los artículos que se ve en esta misma.

- Cloruros

**Figura 137** Comportamiento de los Cloruros en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

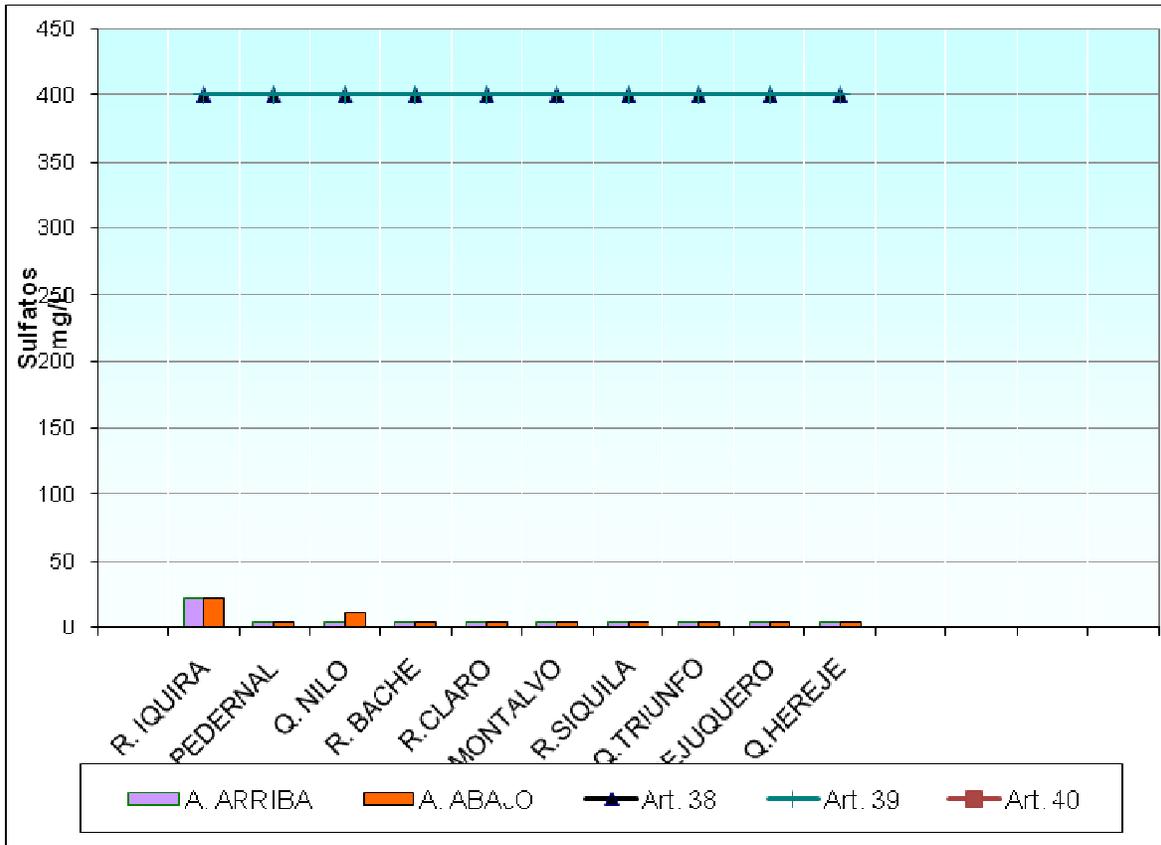


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38 y 39 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por ningún cuerpo de agua superficial estudiado, (ver Figura 137).

- Sulfatos

**Figura 138** Comportamiento de los Sulfatos en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma

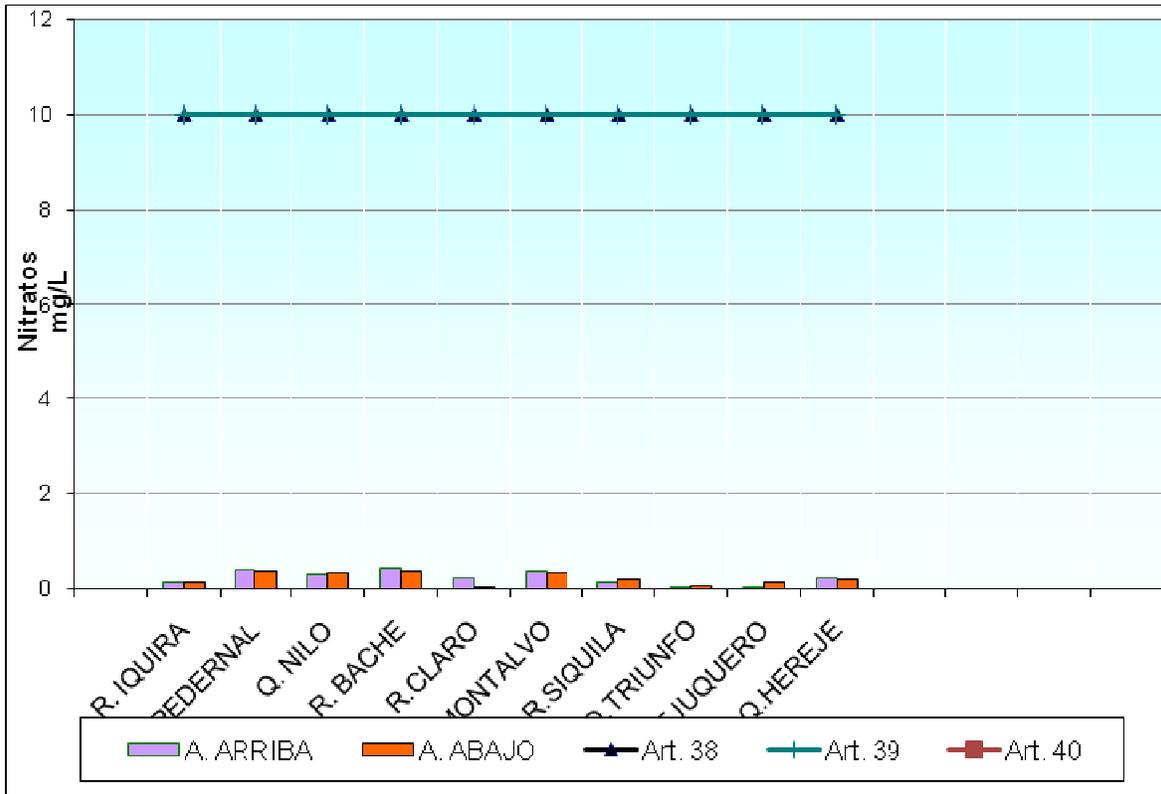


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38 y 39 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Nitrato

**Figura 139 Comportamiento del Nitrato en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.**

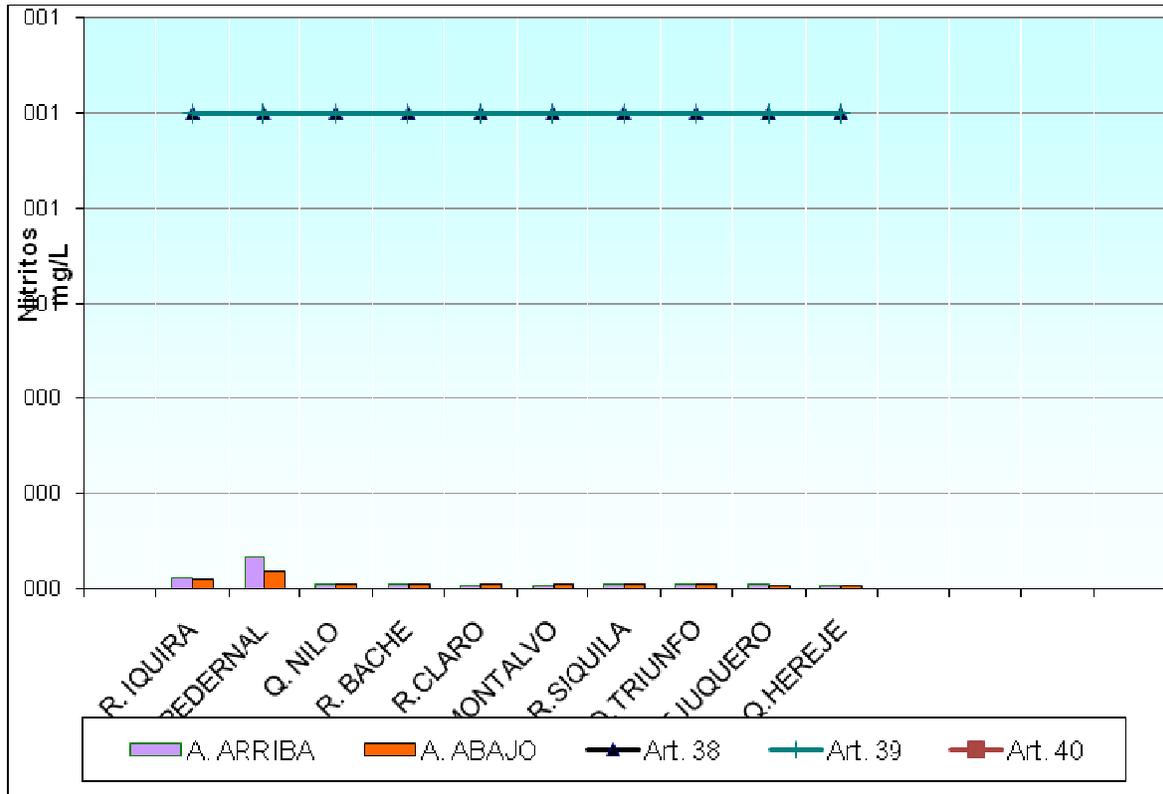


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38 y 39 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Nitrito

**Figura 140** Comportamiento del Nitrito en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

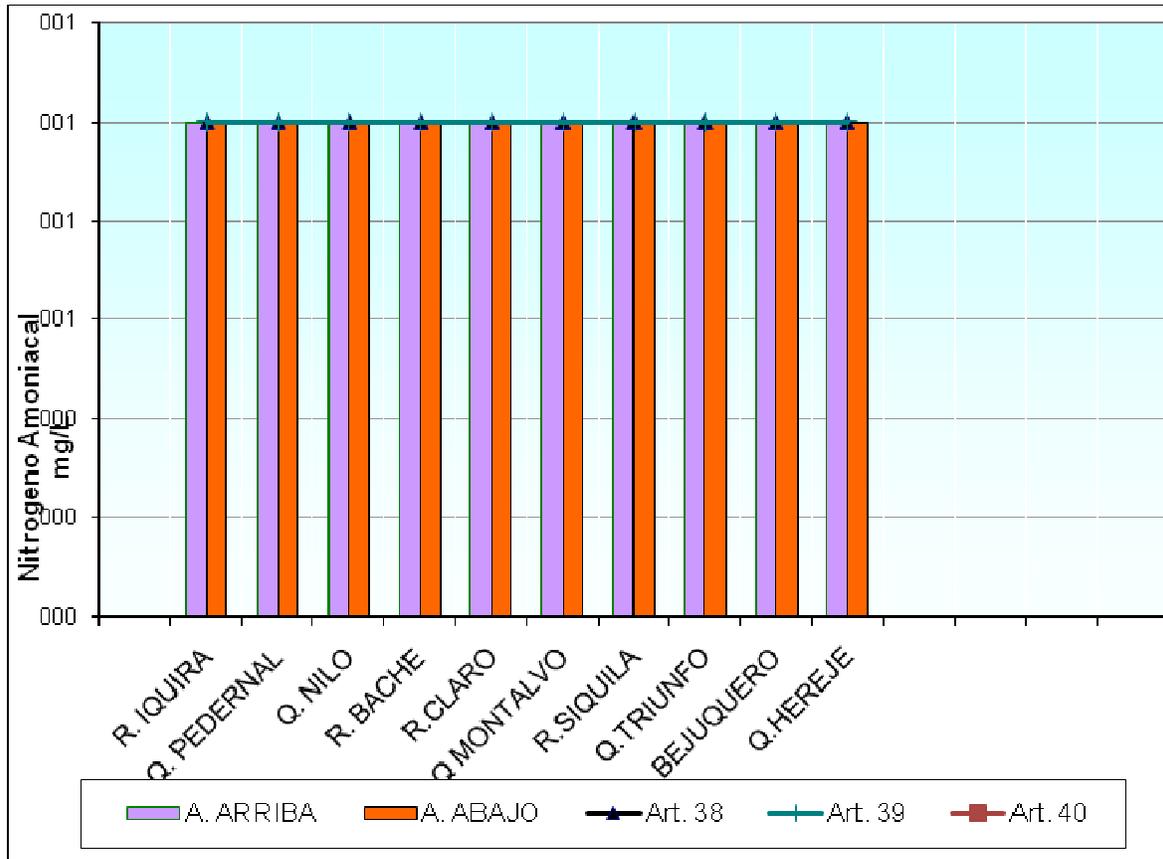


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38 y 39 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

• **Nitrógeno Amoniacal**

**Figura 141 Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.**

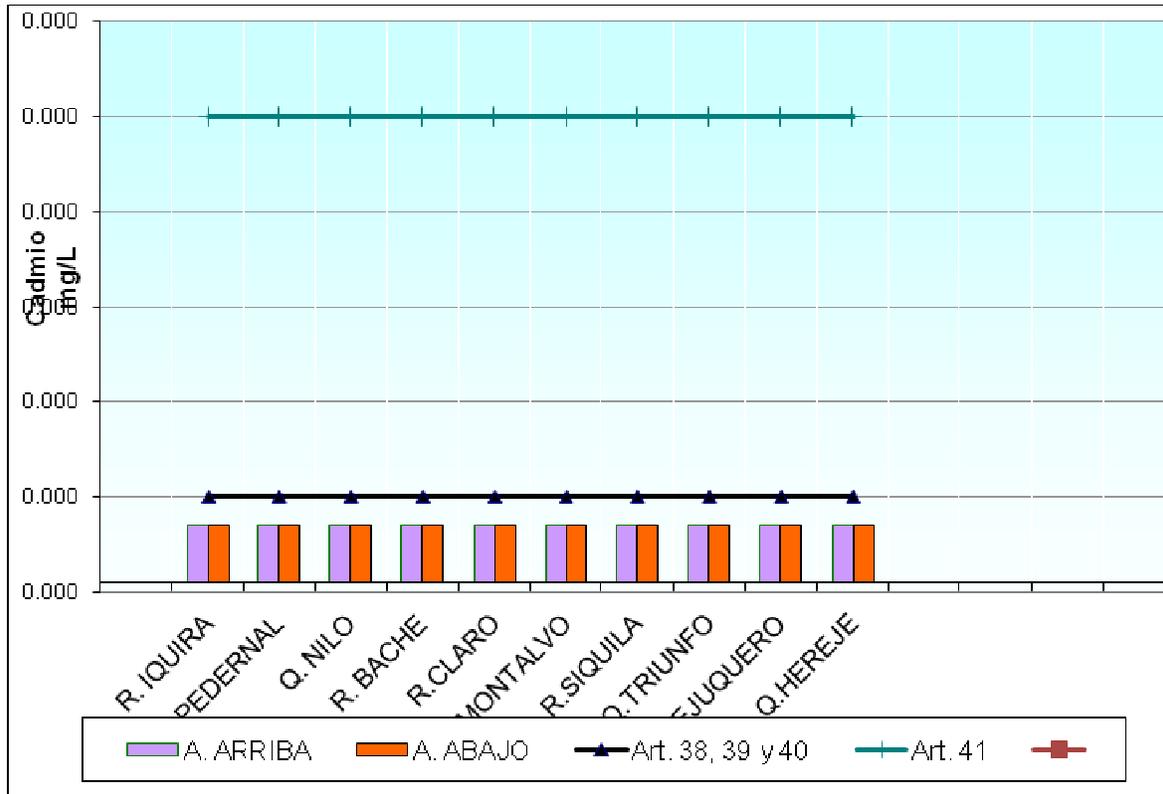


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38 y 39 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Cadmio

**Figura 142** Comportamiento del Cadmio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma

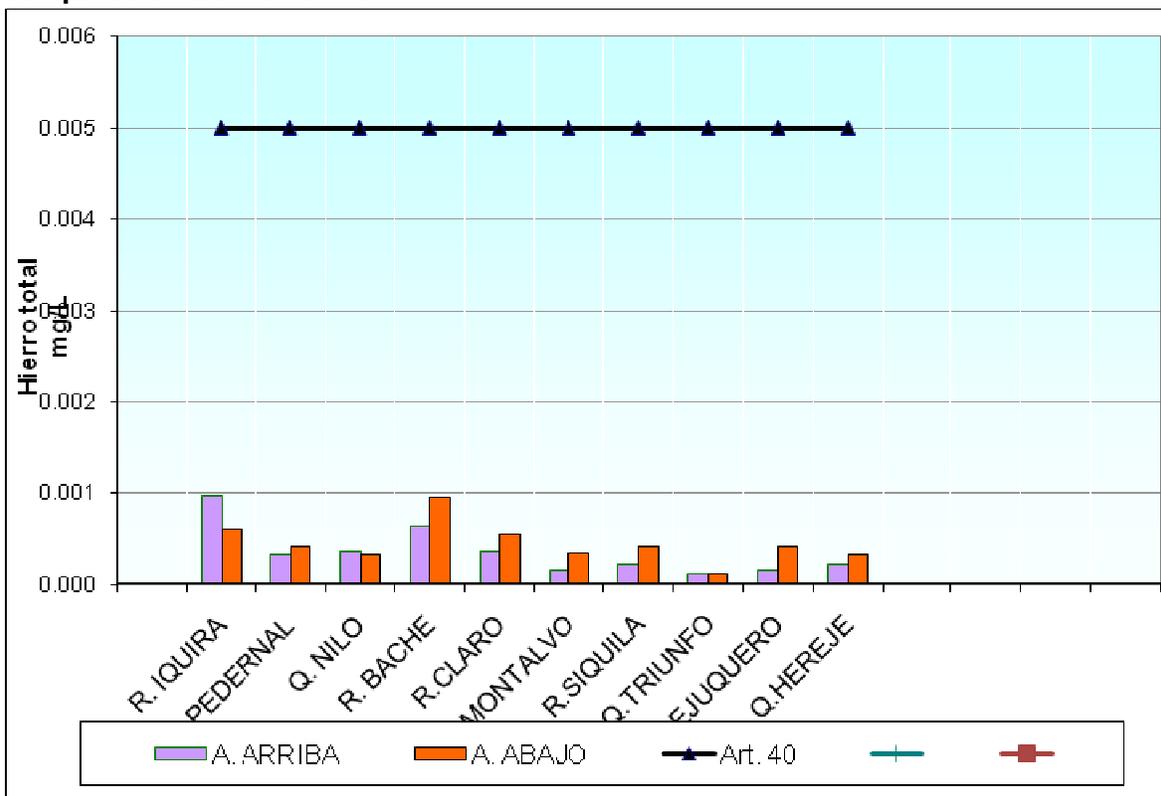


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38, 39, 40 y 41 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Hierro Total

Figura 143 Comportamiento del Hierro Total en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

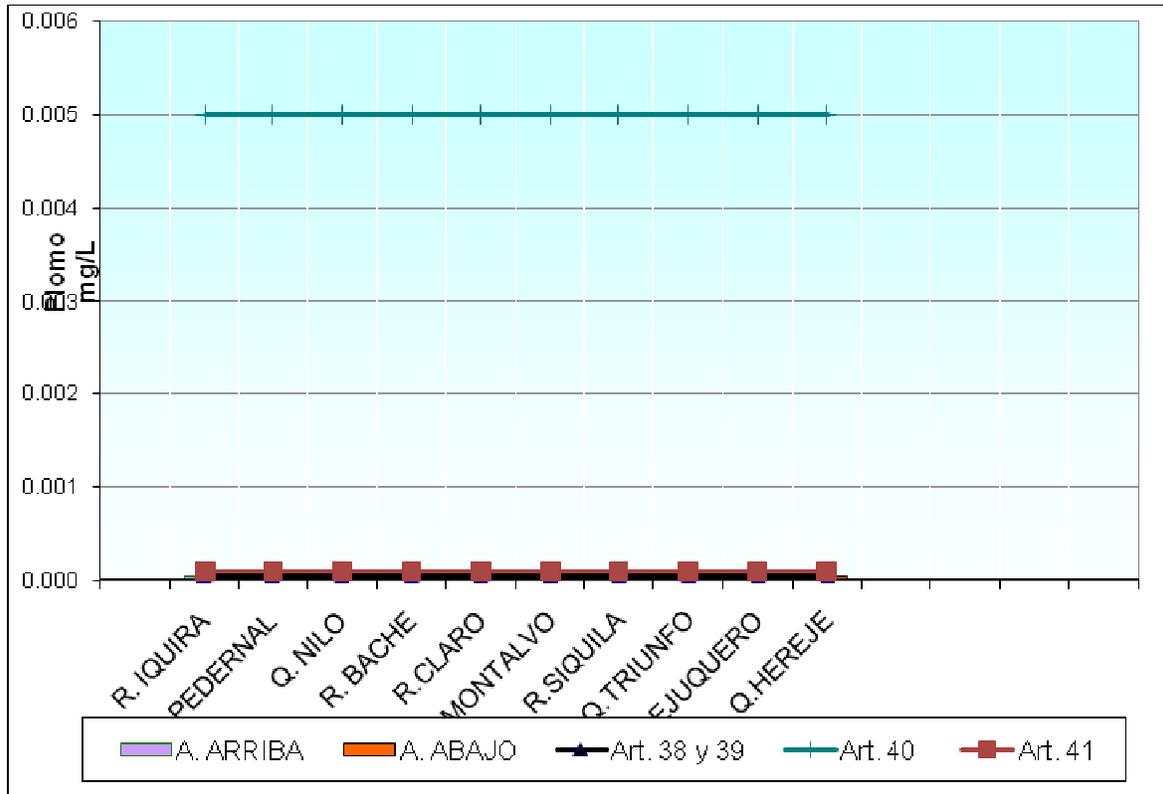


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por el artículo 40 decreto 1594 de 1984, el límite permisible establecido por el mencionado artículo fue superado por el río Cañas en el punto de muestreo Aguas arriba, según la Figura 143.

- Plomo

**Figura 144** Comportamiento del Plomo en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

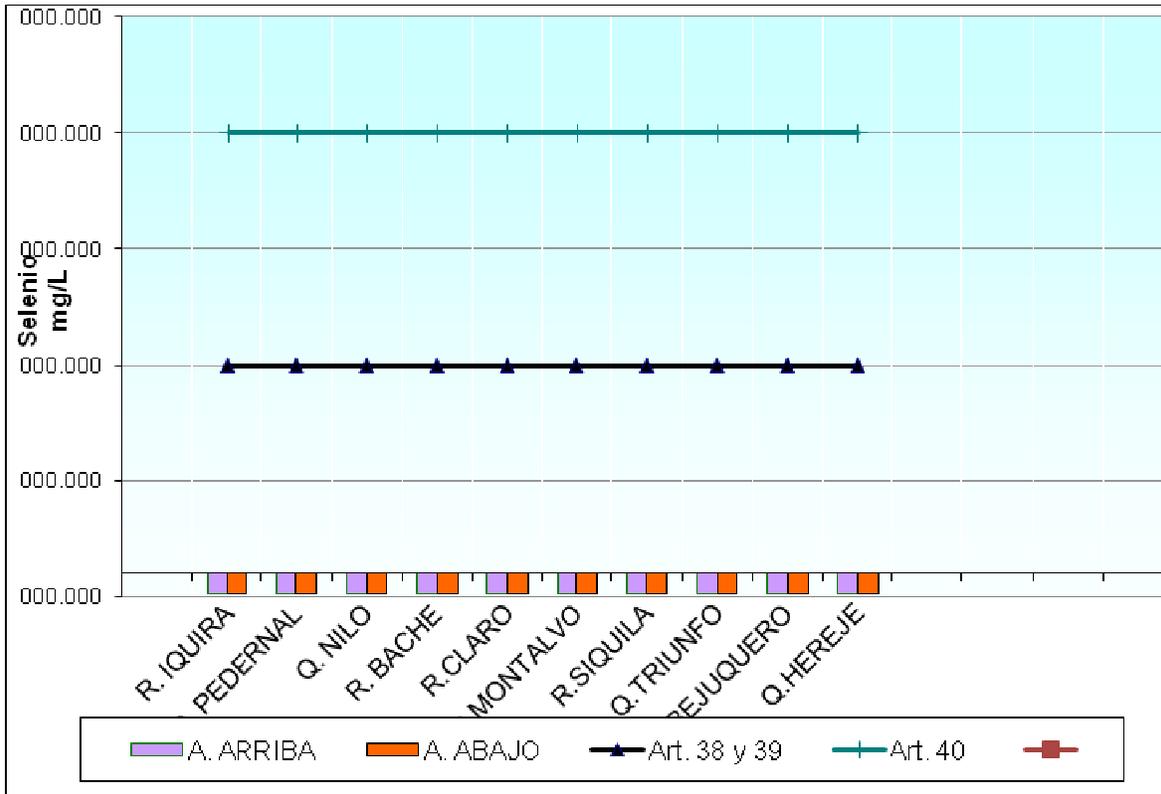


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38, 39, 40 y 41 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Selenio

**Figura 145** Comportamiento del Selenio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

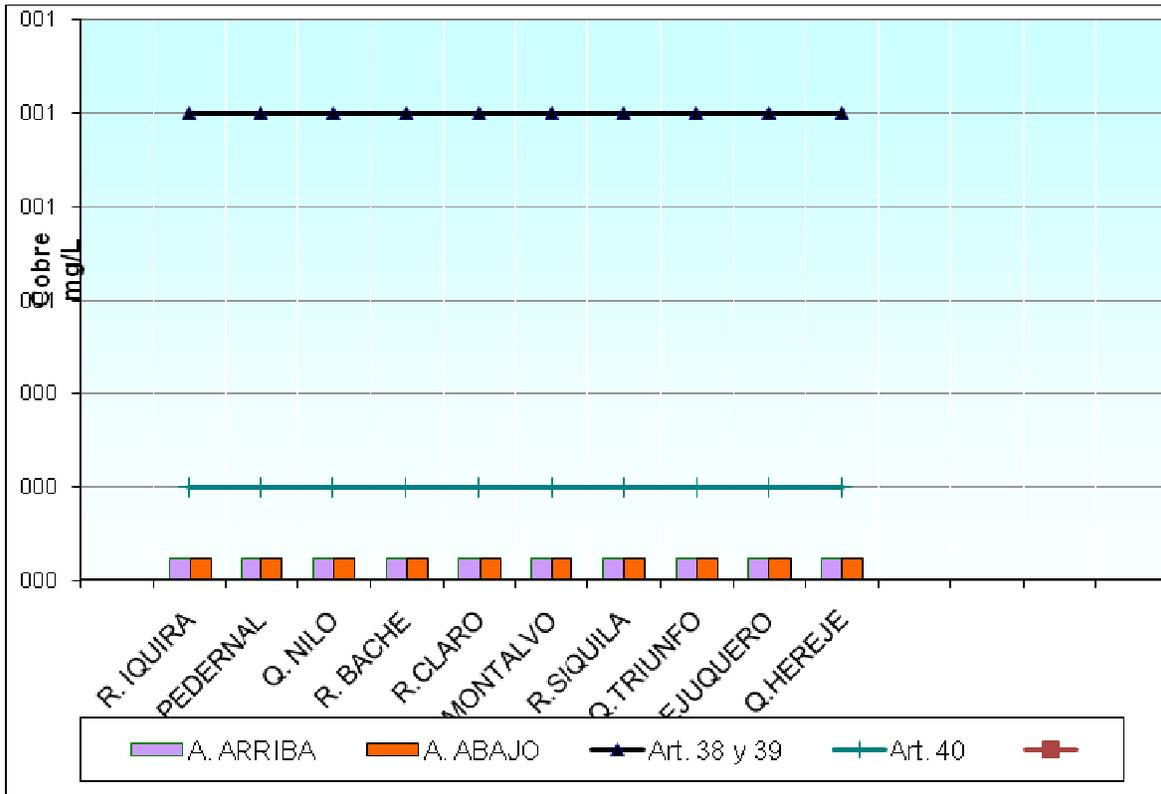


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38, 39 y 40 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Cobre

**Figura 146 Comportamiento del Cobre en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma**

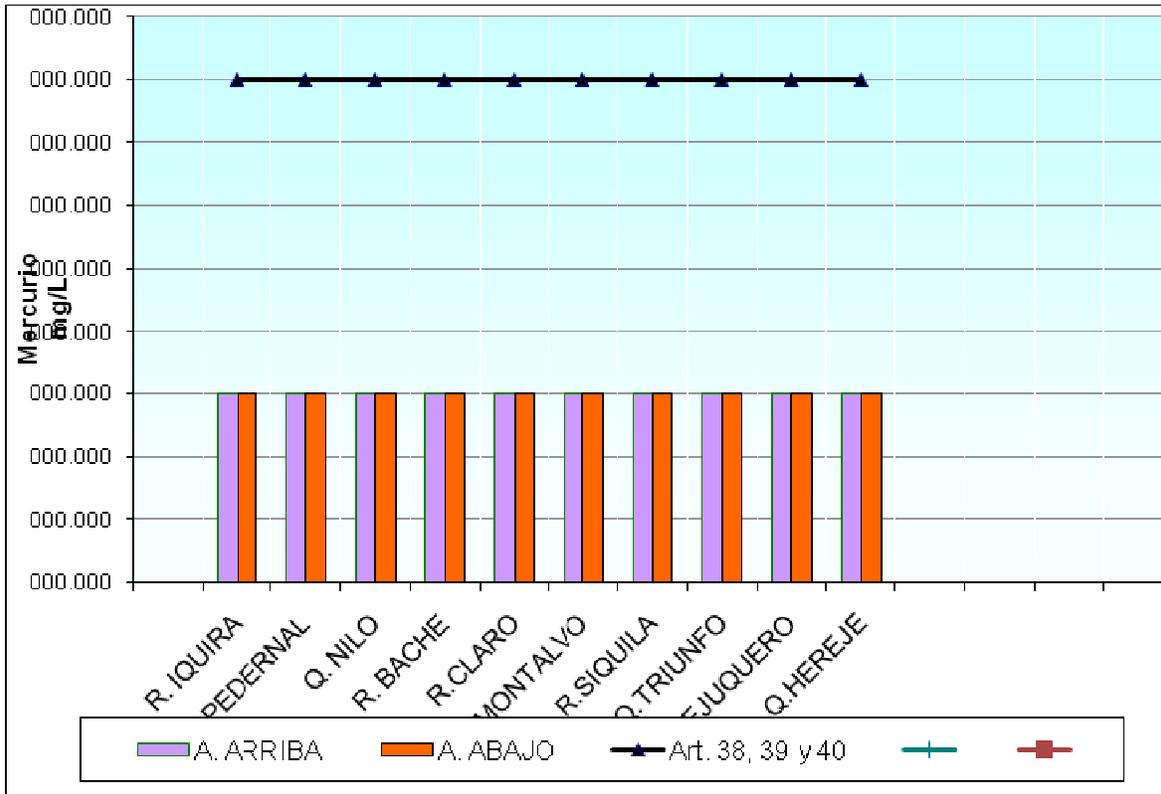


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38, 39 y 40 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Mercurio

**Figura 147** Comportamiento del Mercurio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

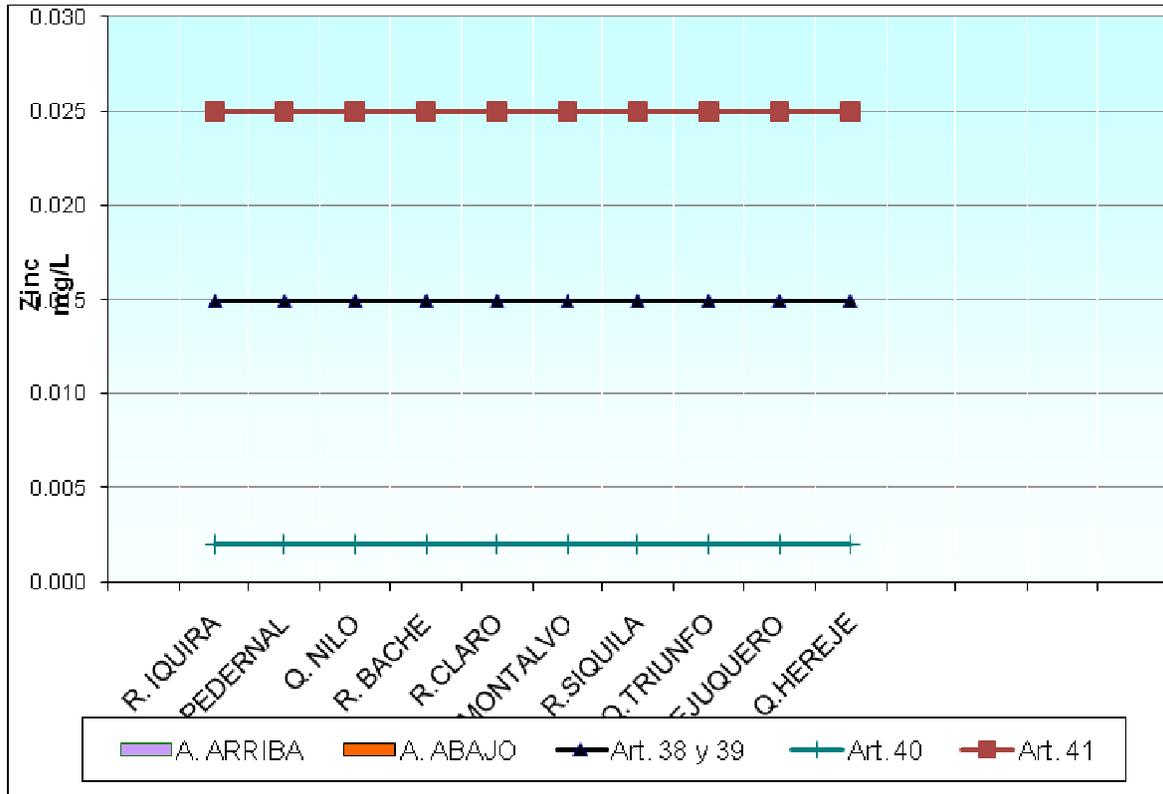


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38, 39 y 40 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Zinc

**Figura 148** Comportamiento del Zinc en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma

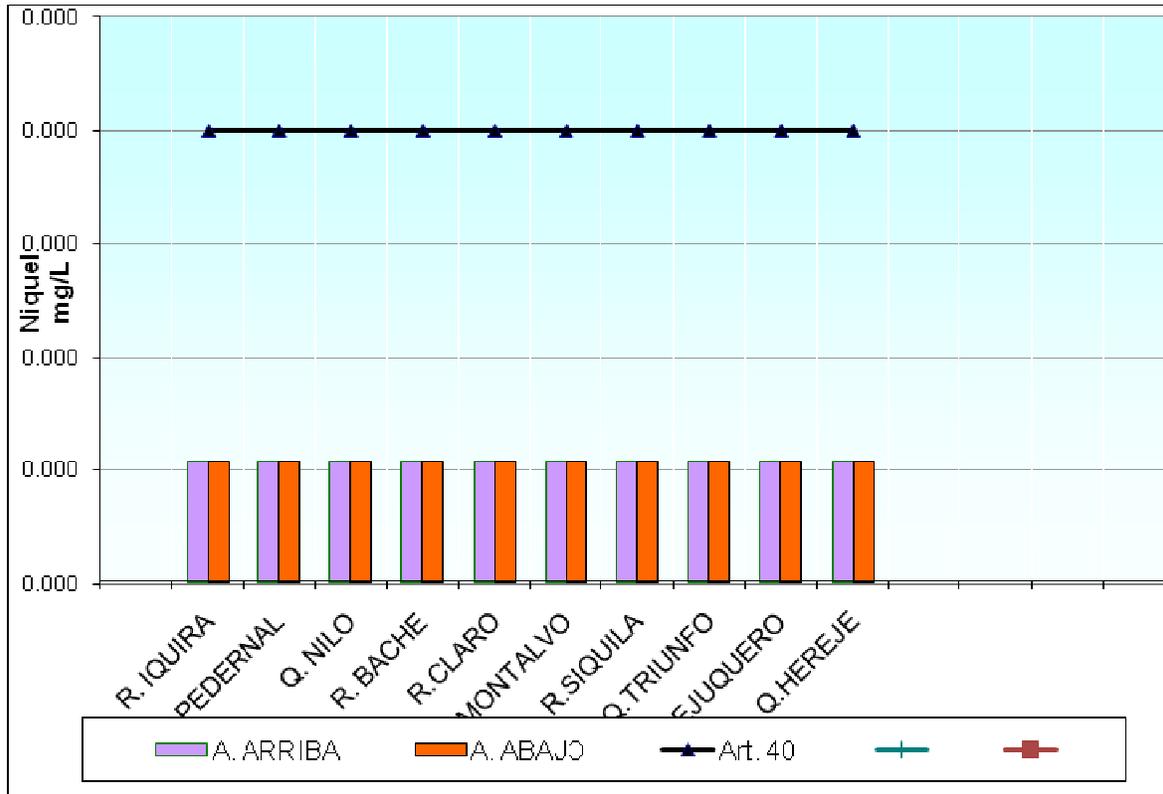


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38, 39, 40 y 41 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Niquel

**Figura 149** Comportamiento del Niquel en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

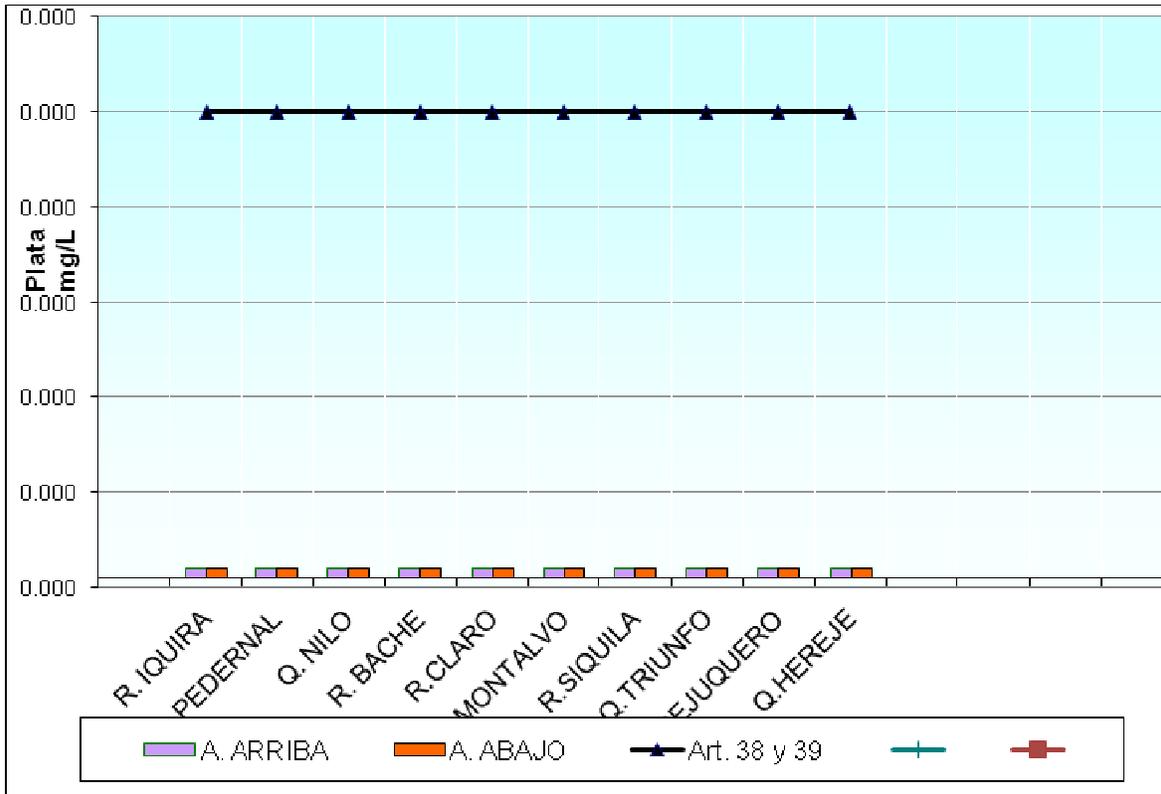


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por el artículo 40 del decreto 1594 de 1984, el límite permisible establecido por el mencionado artículo no fue superado por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Plata

**Figura 150** Comportamiento del Plata en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma

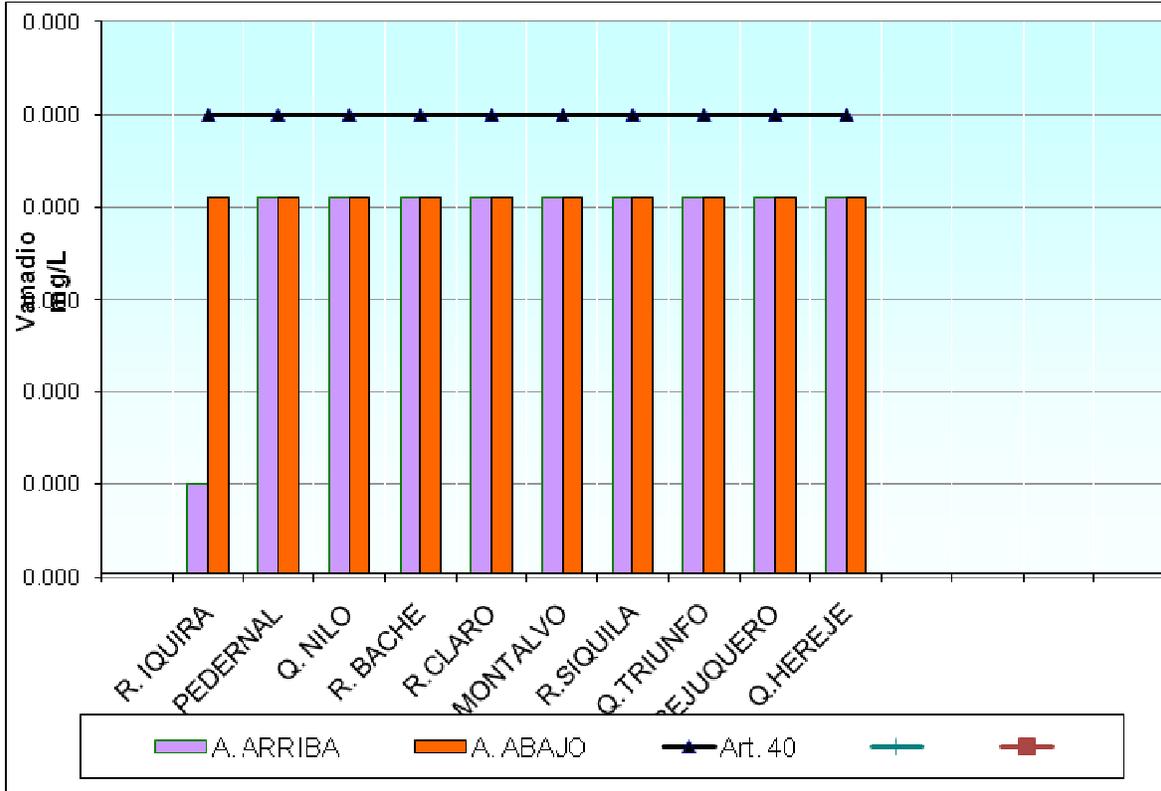


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38 y 39 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

• Vanadio

**Figura 151 Comportamiento del Vanadio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.**

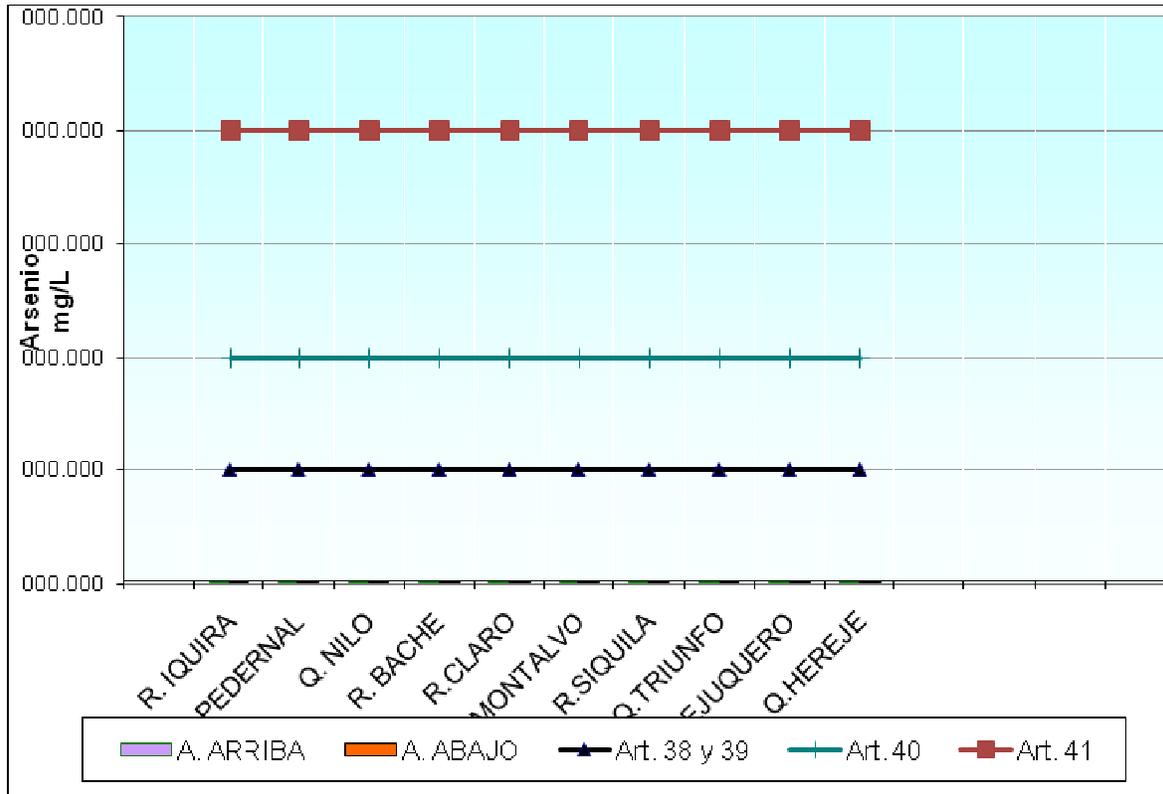


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por el artículo 40 del decreto 1594 de 1984, el límite permisible establecido por el mencionado artículo no fue superado por los cuerpos de agua superficial estudiados.

- Arsenio

**Figura 152** Comportamiento del Arsenio en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

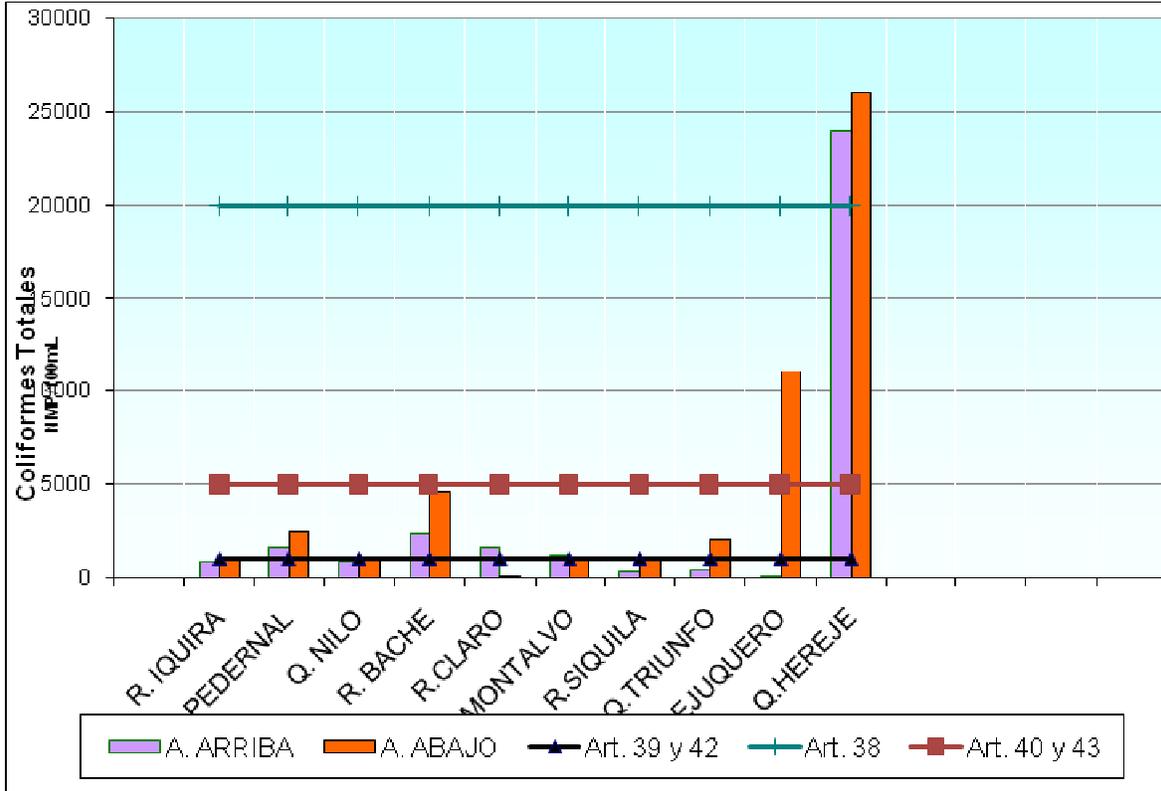


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38, 39, 40 y 41 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados por los cuerpos de agua superficial estudiados.

• **Coliformes Totales**

**Figura 153** Comportamiento de Coliformes Totales en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.

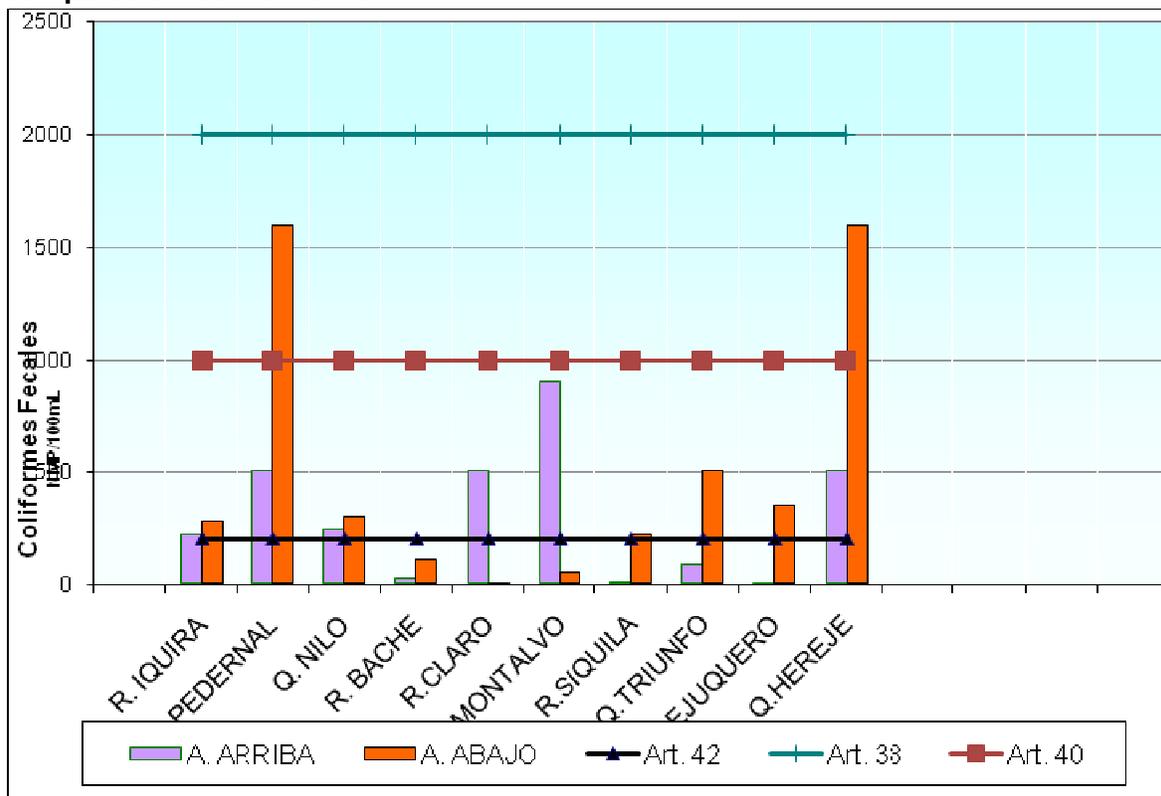


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 39, 38, 40, 42 y 43 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos fueron superados por los cuerpos de agua superficial: Río Páez, Q. Pedernal, Río Bache, Río Claro, Q. Montalvo, Q. el Triunfo, Q. Bejuquero, Q. Hereje, Humedal el Estero y Río Fraile, según la Figura 153, en los artículos que se ve en esta misma.

- **Coliformes Fecales**

**Figura 154** Comportamiento de Coliformes Fecales en las fuentes estudiadas y su comparación con la norma.



Fuente: CIMA

Parametro regulado por los articulos 42, 38 y 40 del decreto 1594 de 1984, los limites permisibles establecidos por los mencionados articulos fueron superados por los cuerpos de agua superficial: R Paez, R Iquira, Q Pedernal, Q Nilo, R Bache, R Claro, Q montalvo, R Siquila, Q triunfo, Q Bejuquero, Q Hereje, R Cañas y R Fraile, según la Figura 154, en los articulos que se ve en esta misma.

- **Otros parámetros**

La temperatura de cada una de los cuerpos superficiales se vio influenciado directamente por la temperatura ambiente del sitio de monitoreo, evidenciándose que a mayor altitud del sitio del monitoreo, menor es la temperatura de la fuente hídrica.

Los valores de pH para los cuerpos de agua se encontraron aptos para la destinación del recurso del que trata el artículo 40 (uso agrícola) en el 100% de las estaciones monitoreadas.

Con respecto a la destinación del recurso hídrico que trata el artículo 38 y 39 del decreto 1594 del 84, las la mayoría de fuentes de agua se presentaron como aptas para el consumo humano y domestico donde solo se necesita tratamiento convencional debido a que allí se presentaron características como:

Aguas muy suaves de baja salinidad y bajo contenido de sulfatos que no mostraron contaminación por material flotante, sólidos suspendidos, mineralización, nitritos, nitratos, grasas aceites o sus derivados, tampoco por metales pesados o sustancias altamente persistentes, bioacumulables, residuales o contaminantes analizados en el estudio, sus índices de materia orgánica, pH, mineralización y sólidos suspendidos mostraron una clasificación de baja a nula a excepción de la estación C3 Sobre tramo 2 que presento índice de materia orgánica Medio, por su parte la fuente hídrica denominada C5 vía Puente caño Feliciano también presentó las mismas características anteriormente mencionadas con la única diferencia que en dicha estación su índice de pH se clasifico como alto cual se debe principalmente al tipo predominante de suelo presente en la zona, lo que ocasionaría que para poder destinar el recurso allí presente con fines de consumo humano y domestico se requeriría de algún tratamiento adicional al convencional

El oxígeno disuelto mostro un valor adecuado en todas las estaciones monitoreadas siendo concentraciones que favorecen de forma significativa los procesos físicos, químicos y biológicos que se presentan en los cuerpo de agua.

En cuanto a la DBO y a la DQO, los valores registrados en estas fuentes hídricas son inferiores a los 5 mg/L y 10 mg/L respectivamente lo que permite concluir que dichos cuerpos de agua no están siendo impactados por las actividades llevadas a cabo en la zona de estudio.

Los compuestos de origen orgánico, como las, grasas, aceites no registraron concentraciones al ser analizadas por el laboratorio o estas se presentaron con valores inferiores al límite de detección lo que muestra que no existen impactos asociados al uso o manejo de estos compuestos.

Metales y compuestos como el arsénico, bario, cadmio, hierro, cobalto, cromo hexavalente, manganeso, mercurio, plata y no registraron concentraciones o estas se encontraron por debajo de los límites establecidos en el decreto 1594 de 1984 lo que nos indica que los cuerpos de agua presentan buenas condiciones.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir de los índices ICO"s se puede concluir que no se presentó contaminación por mineralización en ninguno de los cuerpos de agua a excepción del Humedal el Estero. El río Hereje y la Quebrada El Bejuquero presentaron índices de contaminación ICOMO, debido a los valores de oxígeno disuelto. Los demás índices presentaron valores Bajos o Nulos.

- **Resguardo las Mercedes (Corregimiento Herrera-Paramo de las Hermosas)**

La temperatura de cada una de los cuerpos superficiales se vio influenciada directamente por la temperatura ambiente del sitio de monitoreo, evidenciándose que a mayor altitud

del sitio del monitoreo, menor es la temperatura de la fuente hídrica lo que es coherente con la realidad de fuentes sin intervención.

Los valores de pH para los cuerpos de agua superficial se encontraron aptos para la destinación del recurso del que trata los artículos 38, 39, 40, 42 y 43 del decreto 1594 de 1984 en el 100% de las estaciones monitoreadas. Mientras la totalidad de los pozos emergentes evaluados no serían aptos para el consumo humano con solo un tratamiento de desinfección según lo estipulado en el artículo 39 de dicho decreto.

Con respecto a la destinación del recurso hídrico del que trata los artículos 38 y 39 del decreto 1594 del 84, las la mayoría de fuentes de agua superficial se presentaron como aptas para el consumo humano y domestico donde solo se necesita tratamiento convencional debido a que allí se presentaron características como:

Aguas muy suaves de baja salinidad y bajo contenido de sulfatos que no mostraron contaminación por material flotante, sólidos suspendidos, mineralización, nitritos, nitratos, grasas aceites o sus derivados, tampoco por metales pesados o sustancias altamente persistentes, bioacumulables, residuales o contaminantes analizados en el estudio, sus índices de materia orgánica, pH, mineralización y sólidos suspendidos mostraron una clasificación de baja a nula a excepción de la quebrada el Purgatorio que presento índice de materia orgánica Alto

El oxígeno disuelto mostro un valor adecuado en todas las estaciones monitoreadas siendo concentraciones que favorecen de forma significativa los procesos físicos, químicos y biológicos que se presentan en los cuerpo de agua.

En cuanto a la DBO<sub>5</sub>, los valores registrados en estas fuentes hídricas son inferiores a los 2 mg/L lo que permite concluir que dichos cuerpos de agua no están siendo impactados por las actividades llevadas a cabo en la zona de estudio que generen contaminación de carácter organico.

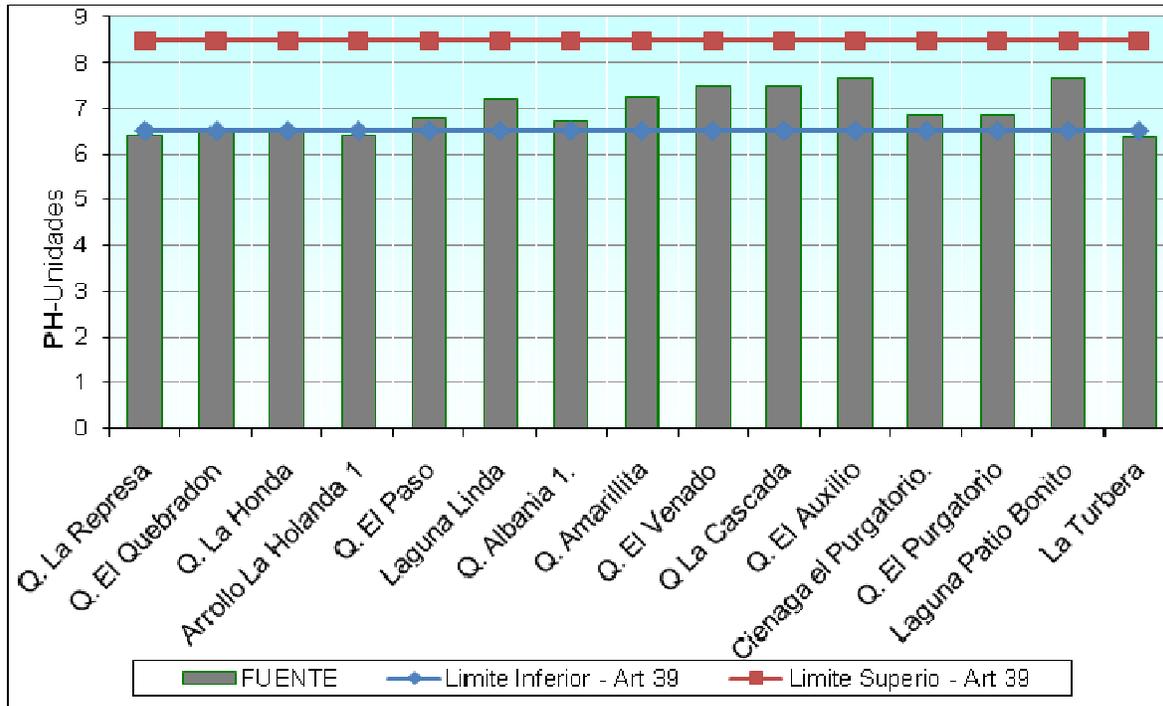
Los compuestos de origen orgánico, como las, grasas, aceites no registraron concentraciones al ser analizadas por el laboratorio o estas se presentaron con valores inferiores al límite de detección lo que muestra que no existen impactos asociados al uso o manejo de estos compuestos.

Metales y compuestos como el arsénico, bario, cadmio, hierro, cobalto, cromo hexavalente, manganeso, mercurio, plata y no registraron concentraciones o estas se encontraron por debajo de los límites establecidos en el decreto 1594 de 1984 lo que nos indica que los cuerpos de agua presentan buenas condiciones.

El comportamiento de los parámetros evaluados que mostraron variaciones y su comparación con la norma se visualiza en las siguientes graficas:

**Agua Superficial.**

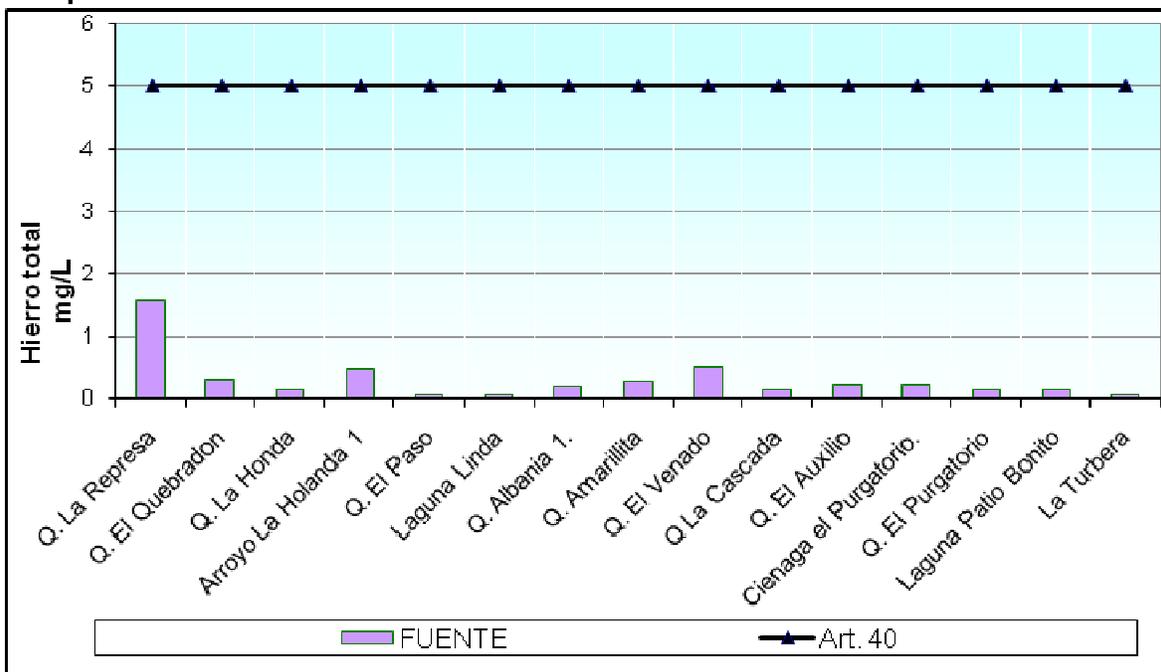
**Figura 155 Comportamiento Del PH En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



Fuente: CIMA

En la Figura 155, se muestra los límites establecidos por el Artículo 39 de la norma de referencia, ya que este es el rango más corto y el único que se incumple en algunos casos, nótese que la mayoría de fuentes superficiales están dentro del rango establecido, con excepción de la Q. La Represa y la Turbera con valores ligeramente por debajo del límite inferior establecido en dicho artículo. Esto indica que son aguas ligeramente acidas con valores de PH superiores a 6 unidades, esto responde a una característica típica de las fuentes de la región que por transcurrir sobre suelos ácidos tomas estas características, la acides de los suelos de esta zona se debe al alto régimen de lluvias que lavan las bases del sustrato.

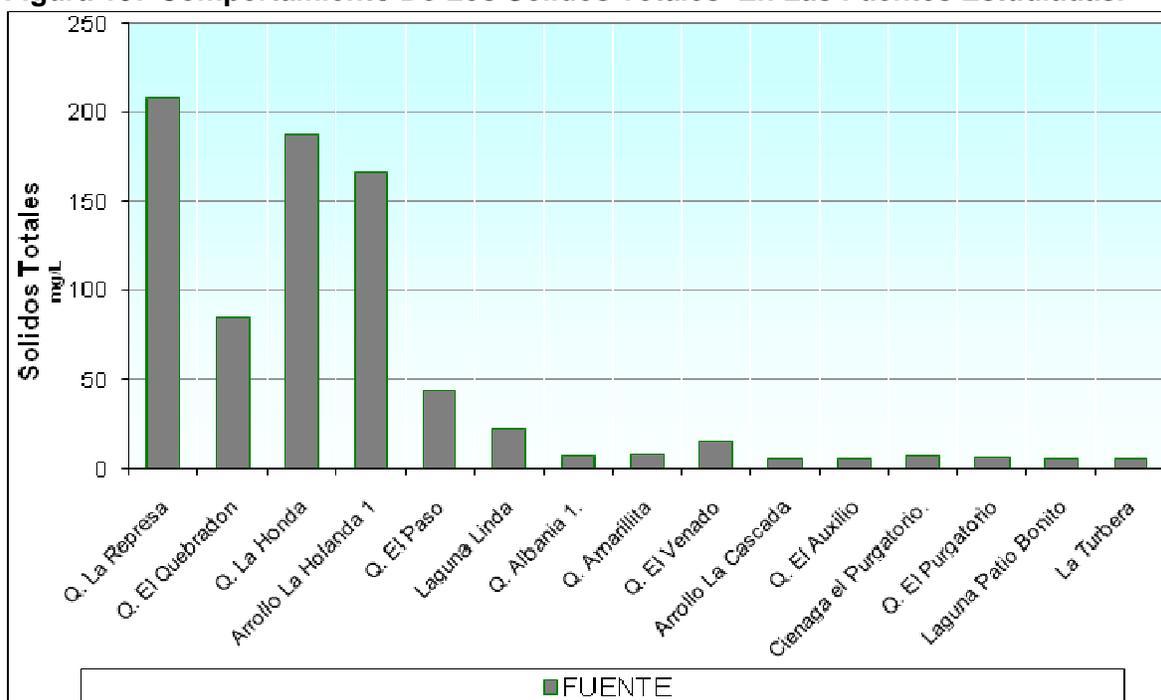
**Figura 156 Comportamiento Del Hierro En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



Fuente: CIMA

Parámetro regulado por el artículo 40 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos no fueron superados en ningún punto de muestreo de agua superficial.. Las concentraciones más representativas se determinaron en las fuentes: Q. La Represa (1.56 mg/L), Arroyo la Holanda 1 (0.48 mg/L) y Q. El Venado (0.5 mg/L), Estas concentraciones se pueden atribuir a lechos ricos en hierro, o a interconectividad hidráulica con acuíferos ricos en el mencionado elemento, Esto solo se podría definir a partir de un estudio Hidrogeológico de la zona.

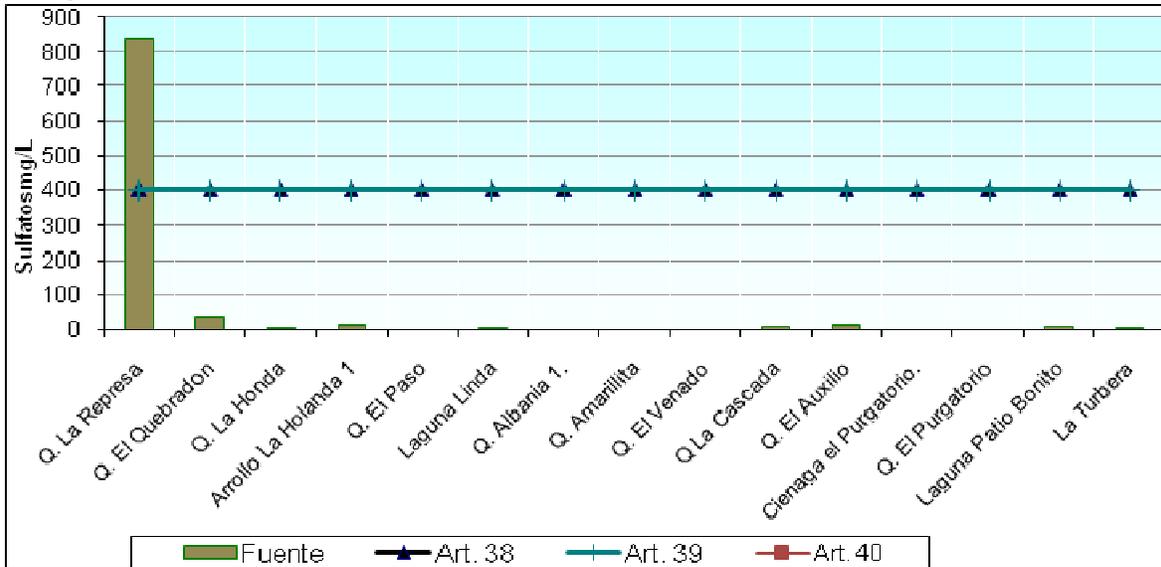
**Figura 157 Comportamiento De Los Sólidos Totales En Las Fuentes Estudiadas.**



Fuente: CIMA

Parámetro no regulado por el decreto 1594 de 1984, Las concentraciones de sólidos totales se tornan más altas a medida que el punto de muestreo se toma a menor nivel sobre el nivel del mar, ya que a medida que las fuentes descienden arrastran sedimentos de los lechos y/o reciben vertimientos, es así como fuentes como Q. La represa, La Holanda y Arroyo la Holanda 1 evaluadas a alturas del orden de los 2000 msnm presentan las mayores concentraciones, mientras los puntos ubicados en el páramo a alturas promedio de 3900 msnm presentaron las concentraciones más bajas de sólidos.

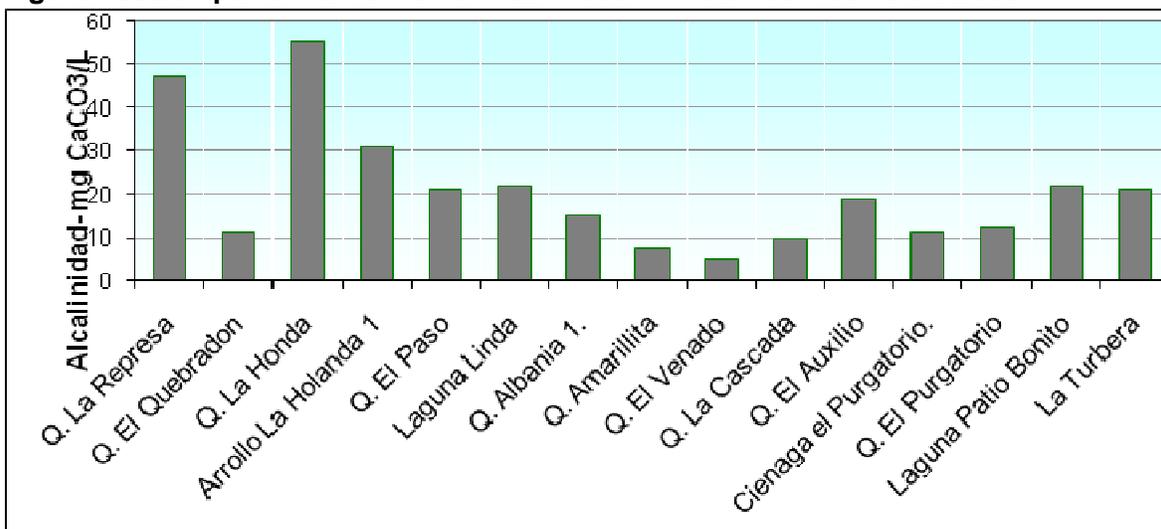
**Figura 158 Comportamiento De Los Sulfatos En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 38, 39 y 40 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos fueron superados por el cuerpo de agua superficial Q. La Represa con una concentración de 835 mg/L, es posible que este comportamiento se pueda atribuir al arrastre de sales de moderadamente solubles a muy solubles, que proceden generalmente de rocas sedimentarias, sobre todo de yesos y anhídrita y en menor proporción de la oxidación de los sulfuros de la pirita. (ver Figura 158).

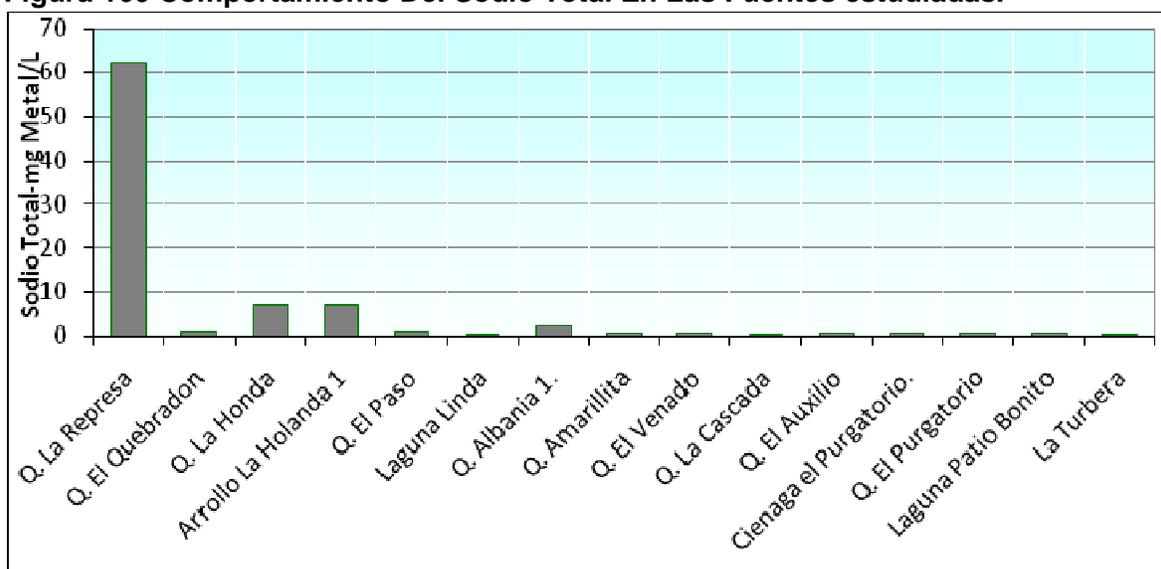
**Figura 159 Comportamiento De La Alcalinidad En Las Fuentes Estudiadas**



Fuente: CIMA

Parámetro no regulado por el decreto 1594 de 1984, vemos como las fuentes evaluadas en zonas bajas tienen mayor alcalinidad, lo que indican mayor concentración de carbonatos, fosfatos y/o ácido silícico u otros ácidos de carácter débil, que en resumen le aportan mayor capacidad al agua de neutralizar ácidos, nótese que el punto Q la Represa, tiene uno de los valores más elevados al igual que los sulfatos, esto sustenta la teoría de la gran capacidad de arrastre de material del drenaje y la naturaleza del lecho que soporta el cuerpo del agua.

**Figura 160 Comportamiento Del Sodio Total En Las Fuentes estudiadas.**



Fuente: CIMA

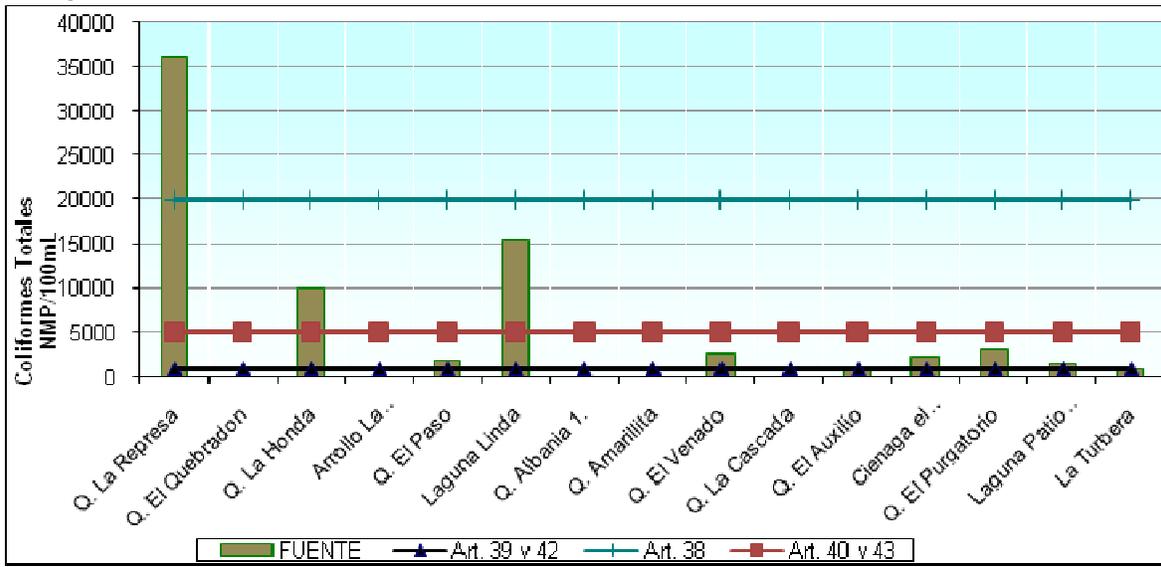
Parámetro no regulado por el decreto 1594 de 1984, Las concentraciones de sodio en general fueron bajas, sin embargo la Q. La Represa se presenta como un caso atípico con una concentración de 62 mg/L. valor que es significativamente más alto que el determinado en los otros puntos muestreados, esto no es nocivo para la ictiofauna de la fuente o para el consumo humano, la particular concentración de sodio en este punto se le puede atribuir al arrastre de sales tomadas del lecho de la fuente aguas arriba del punto de muestreo.

En cuanto a los Coliformes Totales, este parámetro regulado por los artículos 39, 38, 40, 42 y 43 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los Artículos 39 y 42 fueron superados por la Q. La Represa, Arroyo La Holanda 1 y Q. Amarillita, los dos últimos puntos no fueron graficados pues la cantidad no fue cuantificable y el laboratorio reporta "Muy Numeroso Para Contar (MNPC)". Los artículos 39 y 42 son superados por los cuerpos ya mencionados y adicionalmente por la Q. La Honda y Laguna Linda. Mientras los únicos puntos que no sobrepasan ningún artículo en este parámetro son: El Quebradon, A. Holanda 1, Q. Albania, La Amarilla y Q. la cascada.

Las concentraciones altas de coliformes en los cuerpos de agua Q. la represa, Q. la Honda y Laguna Linda, se pueden asociar a la tenencia de ganado en las margenes de la

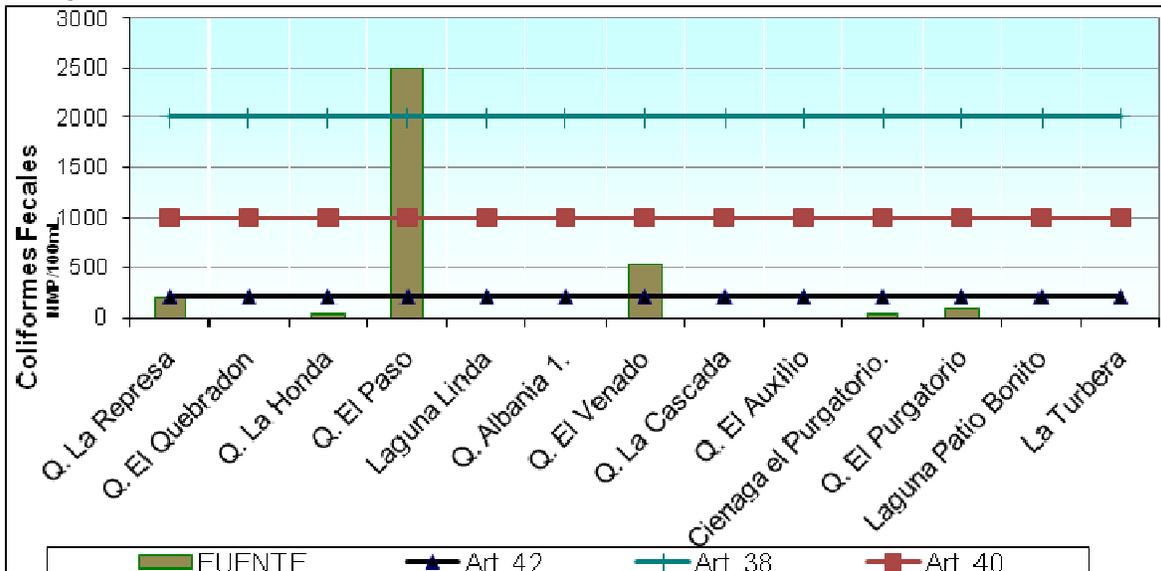
los cuerpos de agua, en ningún caso se identificaron vertimientos directos sobre las fuentes estudiadas. Para un mayor detalle de la causalidad de estos comportamientos se sugiere hacer un estudio más detallado de cada fuente.

**Figura 161 Comportamiento De Coliformes Totales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



Fuente: CIMA

**Figura 162 Comportamiento De Coliformes Fecales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**

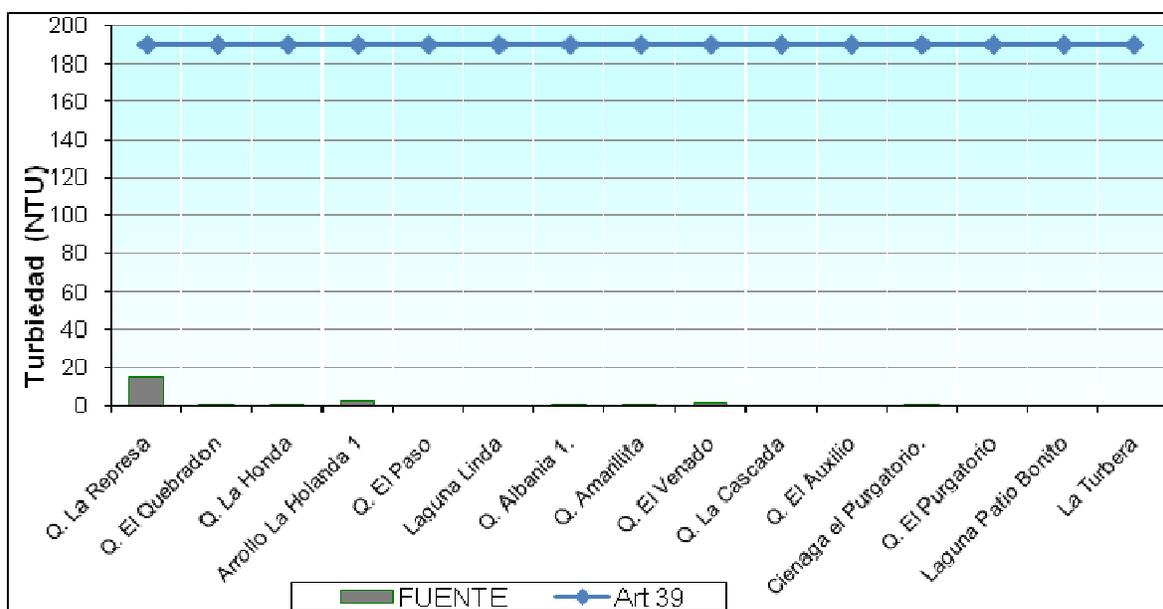


Fuente: CIMA

Parámetro regulado por los artículos 42, 38 y 40 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos fueron superados por los cuerpos de agua: Q. La Represa, Q. El Paso y Q. el Venado, ver la Figura 162.

Las altas concentraciones de este tipo de microorganismos se asocia principalmente con la tenencia de ganado Bovino y porcino cerca de las fuentes o en las cuencas de las mismas, ya que por escorrentía el estiércol es llevado a las fuentes, este tipo contaminación inhabilita el recurso para el consumo directo, para usos recreativos que contemplen contacto directo, y para el uso agropecuario.

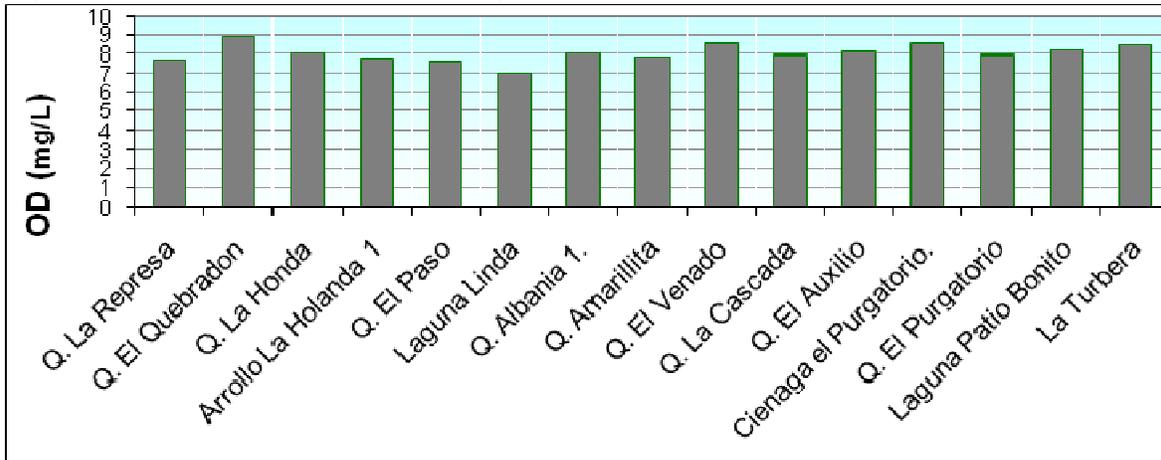
**Figura 163 Comportamiento De La Turbiedad En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



Fuente: CIMA.

Nótese que en ningún caso la turbiedad determinada supero el límite establecido por el decreto 1594 de 1984, el cuerpo de agua mas turbio fue la Q. la Represa, con 15 NTU valor bajo que no indica alteraciones en la calidad del recurso, el hecho que la Q. la Represa presente la turbiedad más alta indica su gran capacidad de arrastre de material del lecho que principalmente se debe a la pendiente del drenaje y la composición del mencionado lecho esto se evidencio en campo de forma cualitativa, no comprendió mediciones por tanto no se puede hacer una aseveración de esta condición.

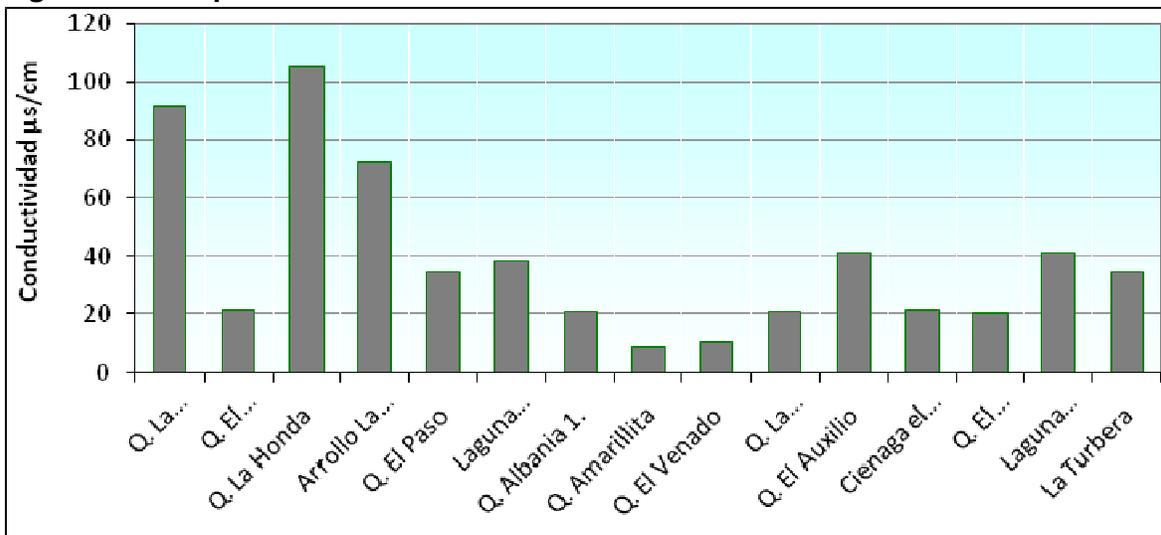
**Figura 164 Comportamiento Del Oxígeno Disuelto En Las Fuentes Estudiadas.**



Fuente: CIMA

El comportamiento del Oxígeno Disuelto (OD) no tuvo grandes fluctuaciones, y se estableció dentro de un rango típico de fuentes bien oxigenadas, este parámetro no está regulado por el decreto 1594 de 1984. (Ver Figura 164). El OD es un indicador de calidad del recurso hídrico que varía principalmente con la temperatura y la presión atmosférica (esta última varía en función de la altura sobre el nivel del mar), teniendo puntos de muestreos en climas fríos y con bajas presiones atmosféricas se espera que las concentraciones de oxígeno Disuelto sea altas (entre 6 y 9 mg/L) en cuerpos de agua de buena calidad, aterrizado esto en el actual estudio tenemos que las concentraciones determinadas están entre el mencionado rango, y por ello se intuye buena condición en el recurso.

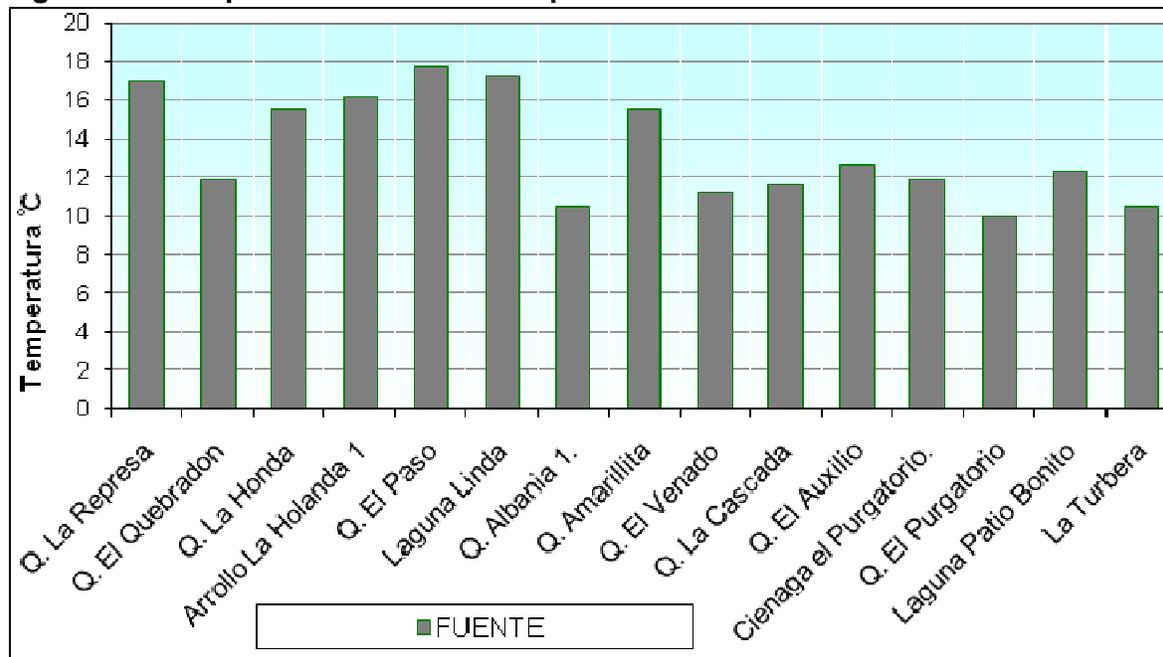
**Figura 165 Comportamiento Del La Conductividad En Las Fuentes Estudiadas**



Fuente: CIMA

Las conductividades determinadas en los cuerpos de agua estudiados fueron típicos de aguas dulces poco intervenidas, nótese que dicho parámetro incrementa su valor a medida que los puntos de muestreo bajan su altura sobre el nivel del mar (ver Figura 165), esto se da por el arrastre de de sales, fenómeno que suele ser acumulativo y que en concentraciones bajas no altera la calidad del recurso.

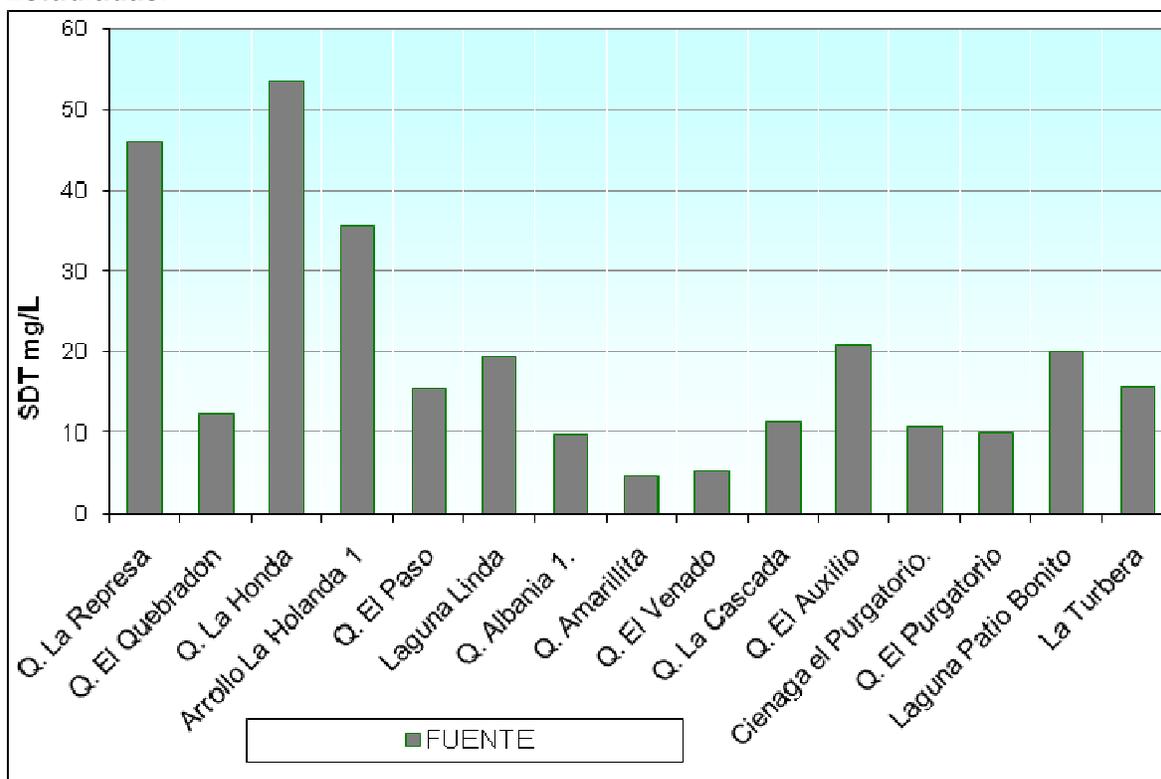
**Figura 166 Comportamiento De La Temperatura En Las Fuentes Estudiadas**



Fuente: CIMA

El parámetro graficado anteriormente no se encuentra regulado en por decreto 1594 de 1984, si observamos el comportamiento en los diferentes puntos de muestreo no fue irregular, las pocas fluctuaciones se da gracias a que los puntos pertenecen a una misma zona climática (ver Figura 166). Esta variable depende en su mayoría por condiciones Climática de la zona de muestreo, y puede ser alterada por vertimientos representativos, dado que las temperaturas son acordes a las temperaturas ambientales se asume que no existen alteraciones de este tipo en las fuentes estudiadas.

**Figura 167 Comportamiento De los Sólidos Disueltos Totales En Las Fuentes Estudiadas.**

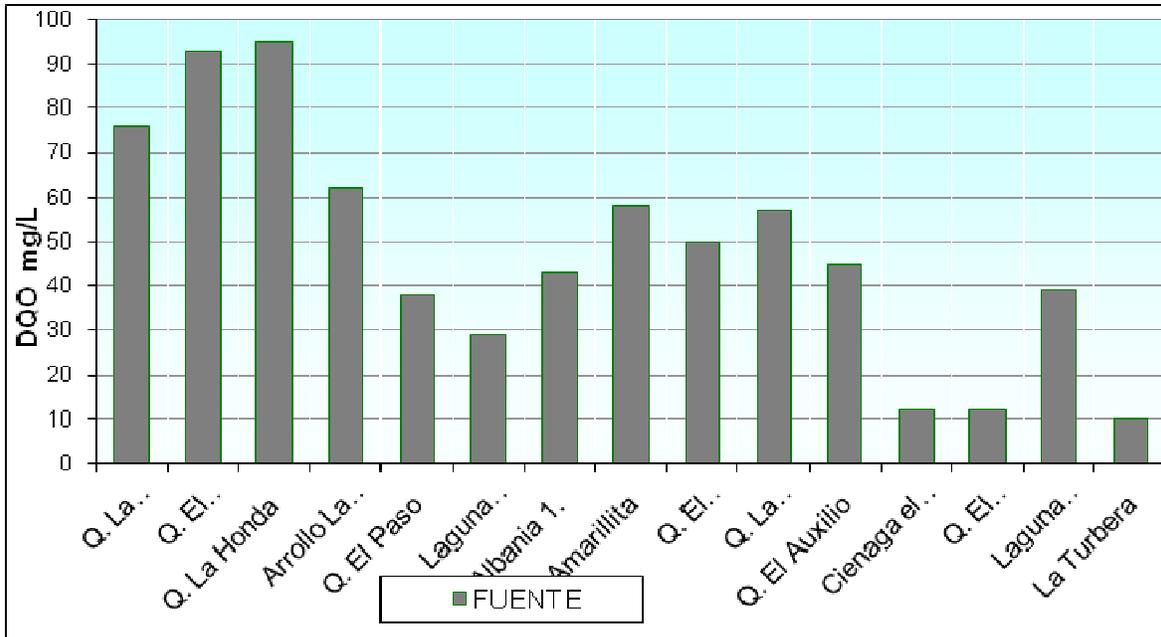


Fuente: CIMA

Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) no se encuentran regulados en el decreto 1594 de 1984, las concentraciones determinadas fueron acordes con la conductividad y presentaron una distribución similar a este parámetro, lo que significa que los puntos muestrados en alturas más bajas mostraron tendencia a presentar concentraciones más altas, ver Figura 167.

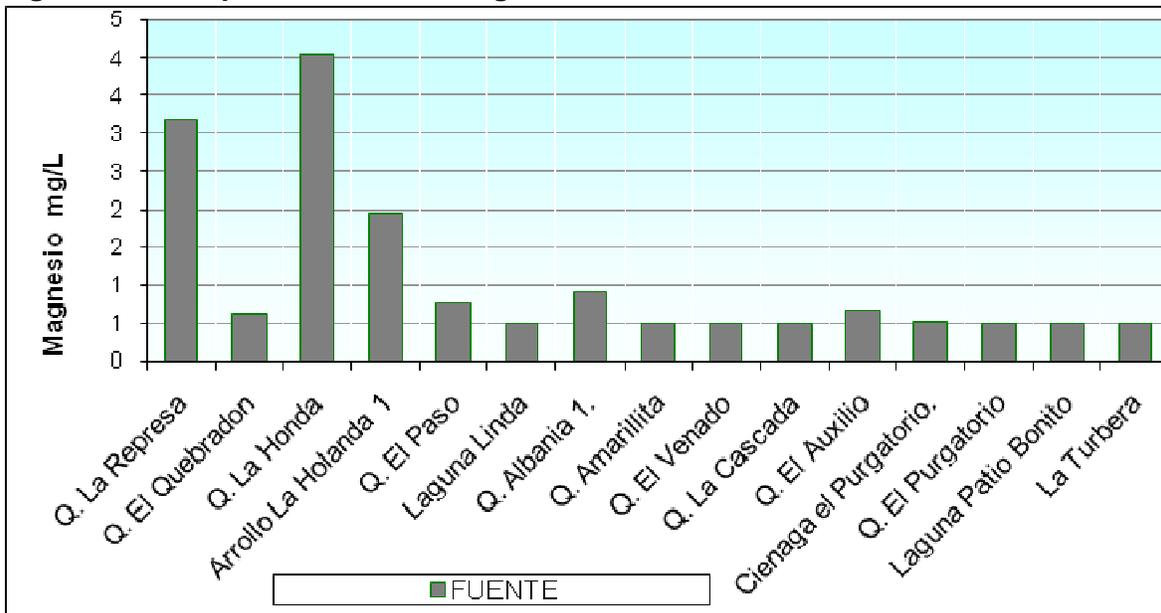
La Demanda Química de Oxígeno (DQO), no se encuentra regulado en el decreto 1594 de 1984, los valores calculados para este parámetro en los puntos estudiados fueron típicos para el tipo de fuentes estudiadas, indicando poca o nula contaminación por materia orgánica, como es común los mayores valores se determinaron en los puntos de muestreo más bajos, en los mismos donde se identificaron actividades de ganadería cerca de las fuentes. (VerFoto 168), estos valores son coherentes con la DBO que también presento valores bajos.

**Figura 168 Comportamiento De la Demanda Química de Oxígeno (DQO) En Las Fuentes Estudiadas.**



Fuente: CIMA

**Figura 169 Comportamiento Del Magnesio En Las Fuentes Estudiadas.**

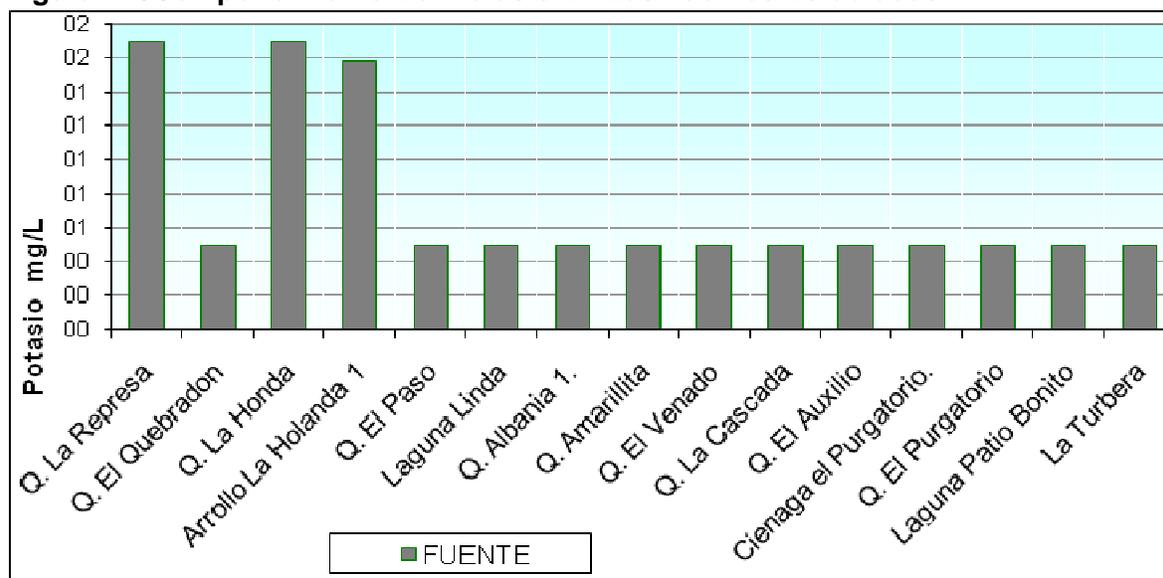


Fuente: CIMA

El Magnesio no se encuentra regulado por el decreto 1594 de 1984, las concentraciones de este parámetro fueron bajas en su mayoría menores a un (1) mg/L, con excepción de los puntos Q. la represa, Q. la Honda y Arroyo la Holanda con valores de 3.18, 4.04 y

1.94 mg/L respectivamente, esto repercute en agua más duras que en caso de ser utilizadas con fines industriales puede causar incrustaciones en tuberías. la dureza magnésica en aguas no intervenidas generalmente se atribuyen al arrastre de este elemento de las rocas que forman el lecho de los drenajes, así que intervienen dos factores, la presencia de dichas rocas ricas en magnesio y fuerza de arrastre (pendiente significativa), el primer factor no se puede aseverar pues aun cuando su se vieron lechos rocosos no se sabe la composición de los mismos, lo que respecta al segundo factor se puede decir que si se identificaron aguas turbulentas y con corrientes fuertes, (Ver Figura 169).

**Figura 170 Comportamiento Del Potasio En Las Fuentes Estudiadas.**



Fuente: CIMA

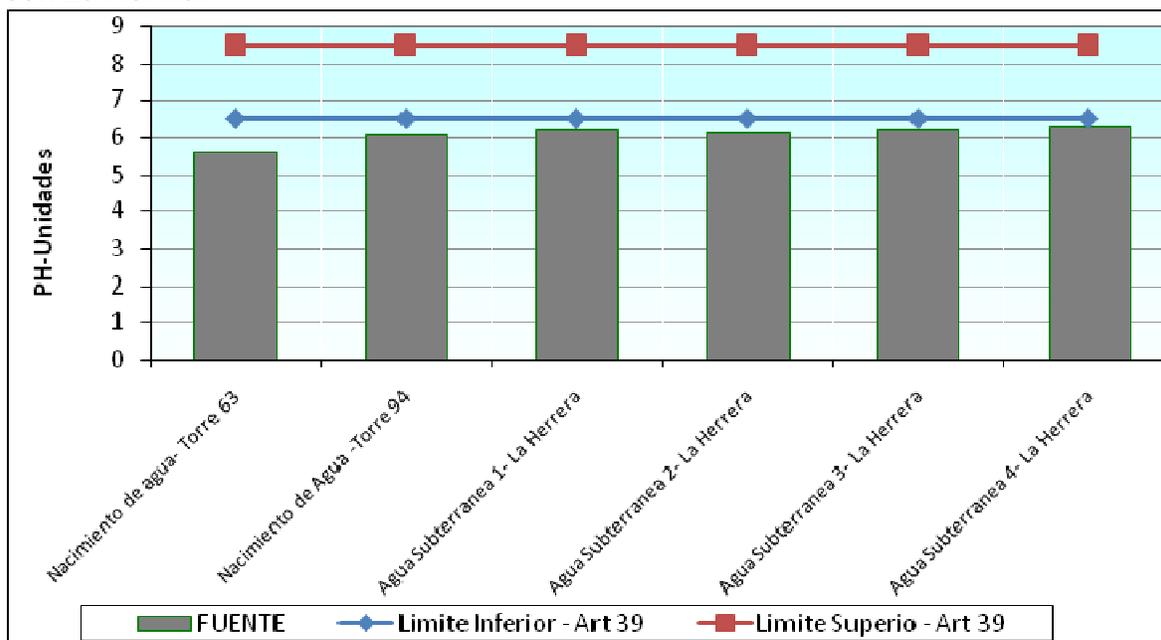
Parametro no regulado en el decreto 1594 de 1984 (ver Figura 170). El ión potasio,  $K^+$ , corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar. Las aguas dulces no suelen contener más de 10 ppm, por lo cual es un catión mucho menos significativo que el sodio. Procede sobretodo de evaporitas y también de algunos silicatos, en el agua es 10 veces menos abundante que en la corteza pues queda retenido en las arcillas de alteración de los silicatos. Basados en los argumentos anteriores tenemos que las concentraciones determinadas en el presente estudio fueron bajas, en su mayoría valores menores a 1 mg/L, con excepción de las fuentes Q. la represa, Q. la honda y Arrollo la Holanda 1. Que al igual que el Magnesio y básicamente por la misma razón presentan las mayores concentraciones de potasio.

### Agua Subterránea.

En la Figura 171, se muestra los límites establecidos por el Artículo 39 para el pH, ya que este es el rango más pequeño, la totalidad de puntos de agua subterránea se encuentra por debajo del límite inferior establecido por el artículo 39 del decreto 1594 de 1984, incumpliendo el mismo; esto se puede atribuir a altas concentraciones de carbonatos en

los suelos y subsuelos de la zona lo que lleva a la formación de anhídrido carbónico, quien a su vez es un agente acidificante en el recurso.

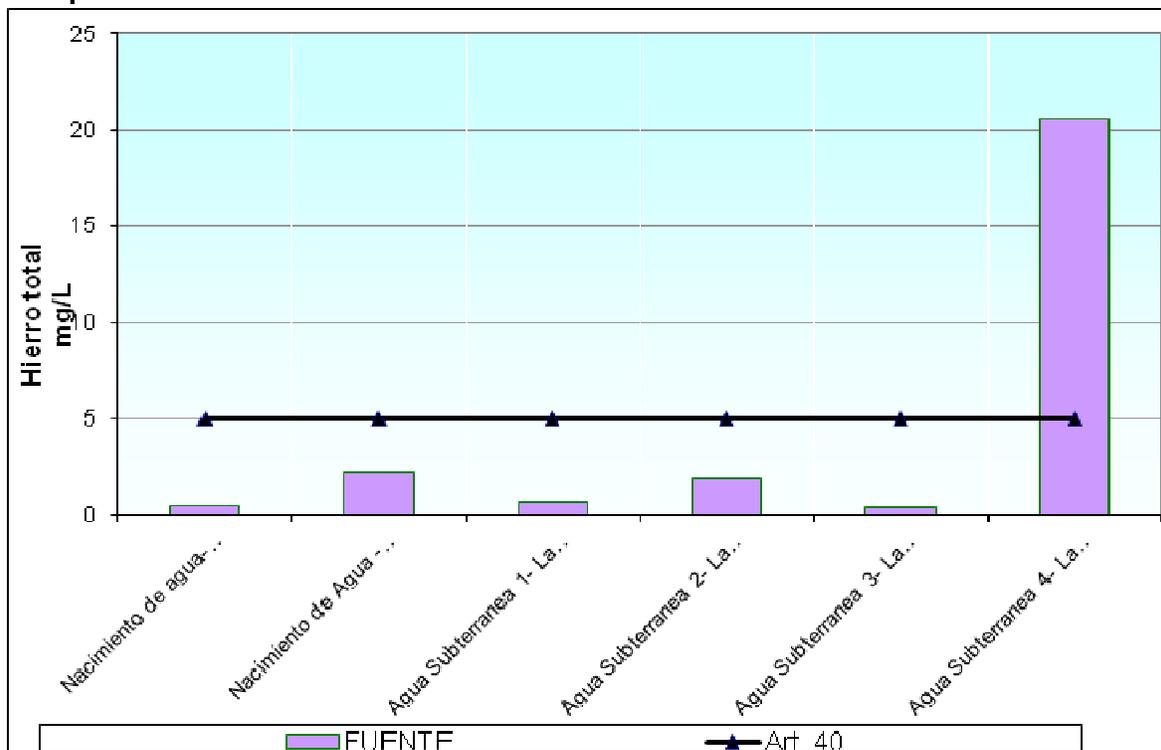
**Figura 171 Comportamiento Del PH En Las Fuentes Estudiadas, Y su Comparación con La Norma.**



Fuente: CIMA

El Hierro Total, es un parámetro regulado por el artículo 40 del decreto 1594 de 1984, el límite permisible establecido por el mencionado artículo fue superados en el punto denominado Agua Subterránea 4- La Herrera, verFigura 171, con una concentración de 20.61 mg/L. Las concentraciones de hierro en aguas subterráneas suelen ser altas cuando el material confinante y/o saturado es rico en el mencionado elemento, en menor proporción el recurso hídrico toma hierro en las zonas de recarga, un estudio hidrogeológico completo podría aclarar estos escenarios. El caso del punto Agua Subterránea 4, este recurso no podrá ser utilizado para consumo humano directo sin un tratamiento de remoción de hierro.

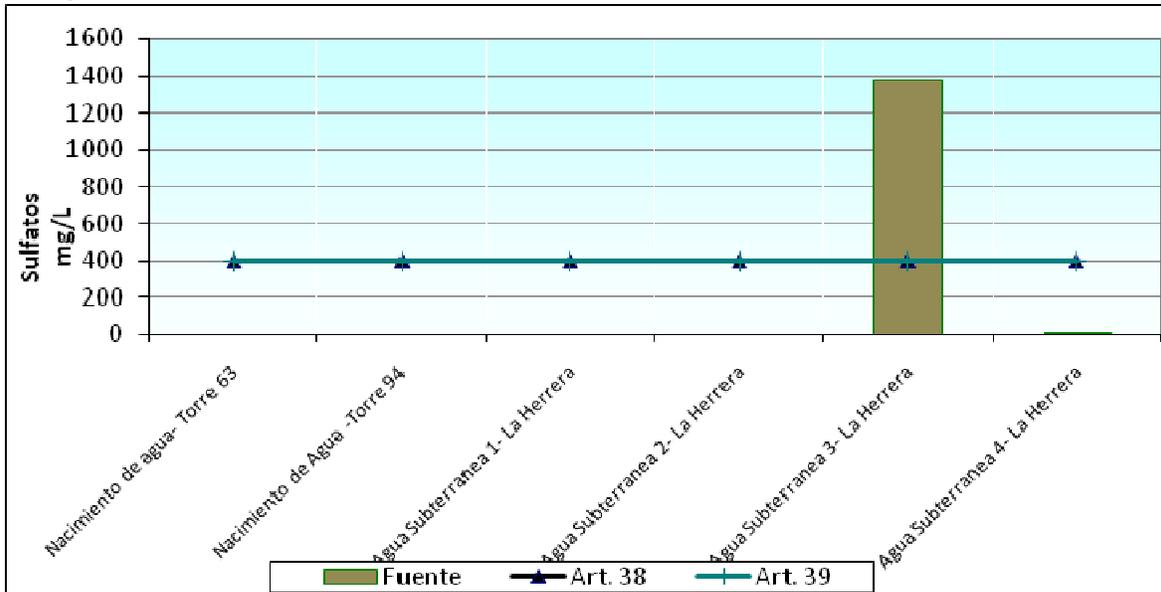
**Figura 172 Comportamiento Del Hierro En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



Fuente: CIMA

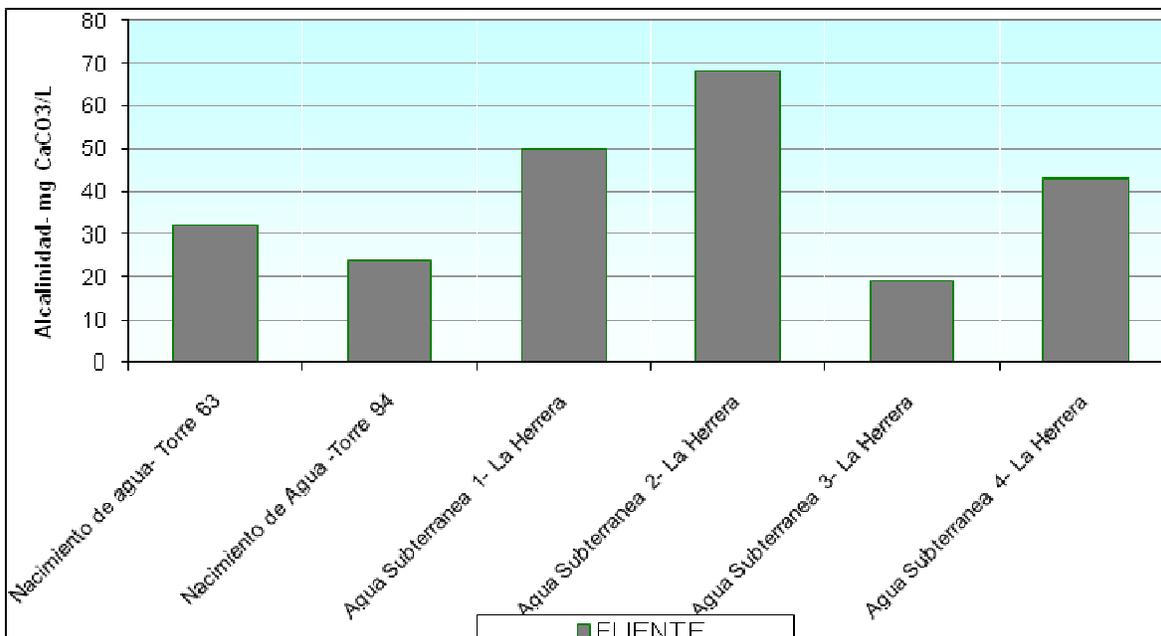
Los Sulfatos están regulados por los artículos 38, 39 y 40 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos fueron superados por el punto de muestreo denominado Agua Subterránea 3- La Herrera. (Ver Figura 173), Los sulfatos ( $SO_4^{2-}$ ) después de los bicarbonatos, son los principales aniones presentes en el agua; los cuales pueden presentarse de manera natural o como consecuencia de descargas de aguas industriales y por la utilización de fertilizantes agrícolas. Cuando los sulfatos se presentan de manera natural es posible que su origen se deba a algún depósito natural de minerales o por depositación atmosférica. El caso del punto agua subterránea 3, se le atribuyen a causas naturales, ya que en la zona no hay industria y la agricultura practicada no se hace de manera intensiva.

**Figura 173 Comportamiento De Los Sulfatos En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



Fuente: CIMA

**Figura 174 Comportamiento De La Alcalinidad En Las Fuentes Estudiadas**

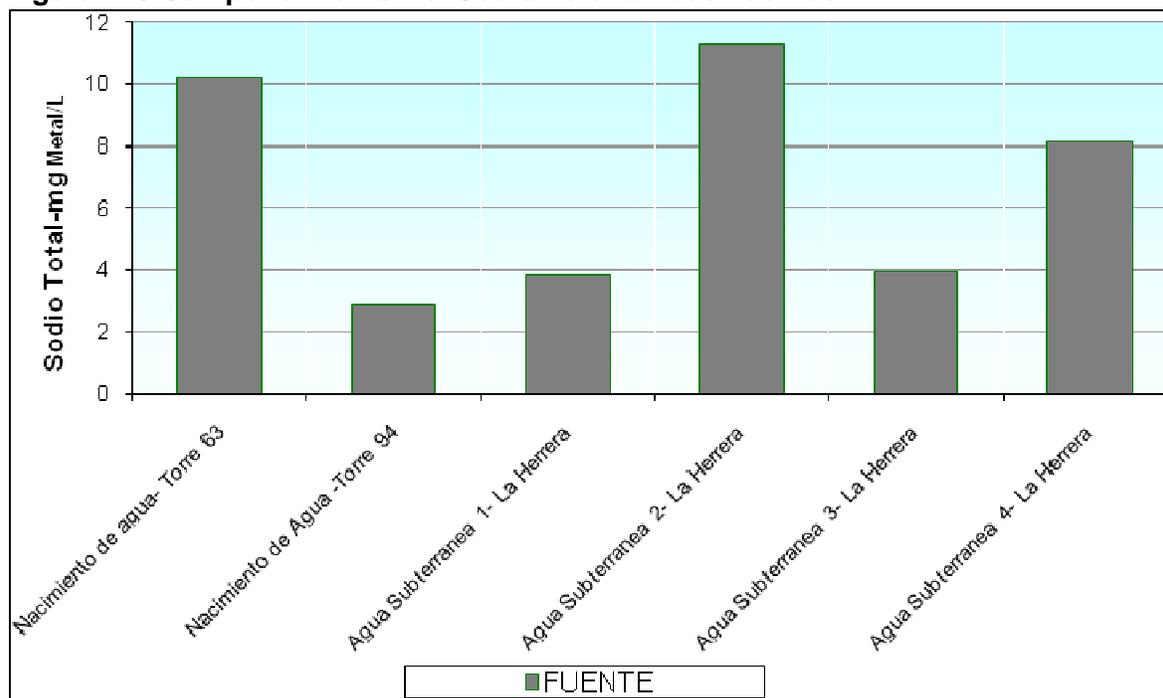


Fuente: CIMA

La alcalinidad es un parámetro no regulado por el decreto 1594 de 1984, En general no se identifica un patrón de comportamiento particular que muestre una tendencia, la alcalinidad de los puntos muestreados fue baja, indicando baja dilución de carbonatos y bicarbonatos y baja capacidad de recurso para neutralizar agentes acidificantes.

El Sodio totales un parámetro no regulado por el decreto 1594 de 1984, Las concentraciones de sodio en aguas subterráneas suelen ser un poco más altas que en aguas superficiales, esto se ve reflejado en los datos obtenidos en el presente estudio, donde las concentraciones para aguas subterráneas fueron del orden de los 4 a 10 mg/L mientras para aguas superficiales fueron mayoritariamente menores a un (1) mg/L. Lo anterior no significa que la calidad del recurso se afecte, si nos basamos en las directrices de la OMS para la calidad del agua potable, donde refiere concentraciones de menor a 20 mg/L para aguas normales dulces superficiales y subterráneas y de 200 mg/L como directriz basados en la salud, (ver Figura 175).

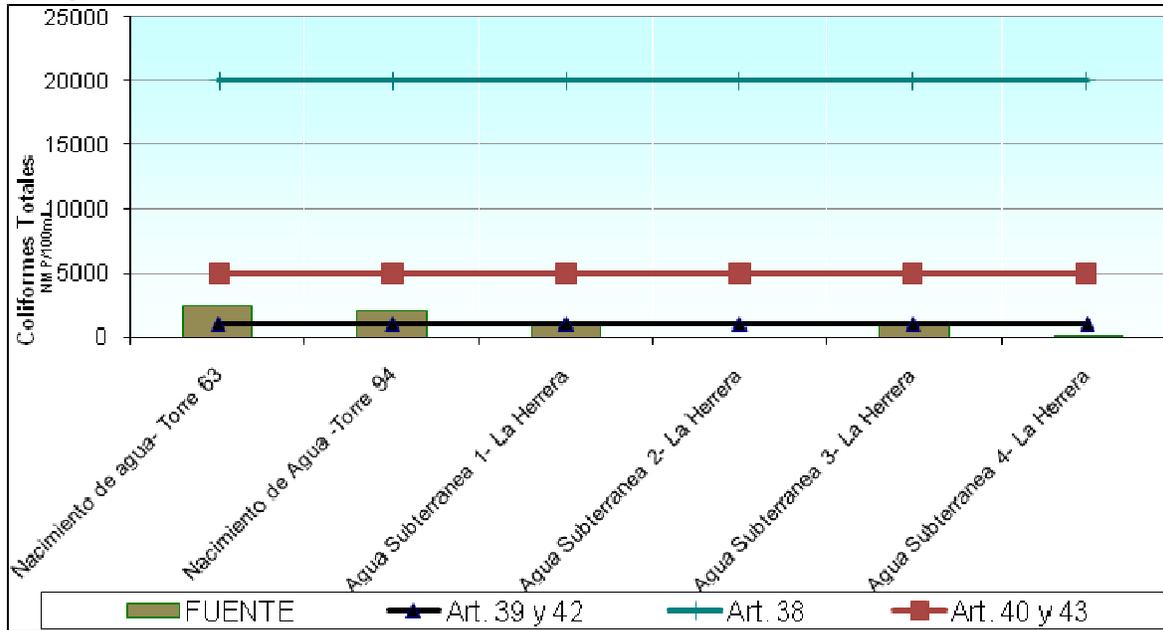
**Figura 175 Comportamiento Del Sodio Total En Las Fuentes.**



Fuente: CIMA

Los Coliformes Totales son un parámetro regulado por los artículos 39, 38, 40, 42 y 43 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los Artículos 38, 40 y 43 no fueron superados por ningún punto de muestreo de agua subterránea. Los artículos 39 y 42 son superados por los tres primeros puntos de muestreo. (Ver Figura 176), esto se puede dar por la cantidad de materia orgánica en descomposición presente en los represamientos donde se colectó la muestra.

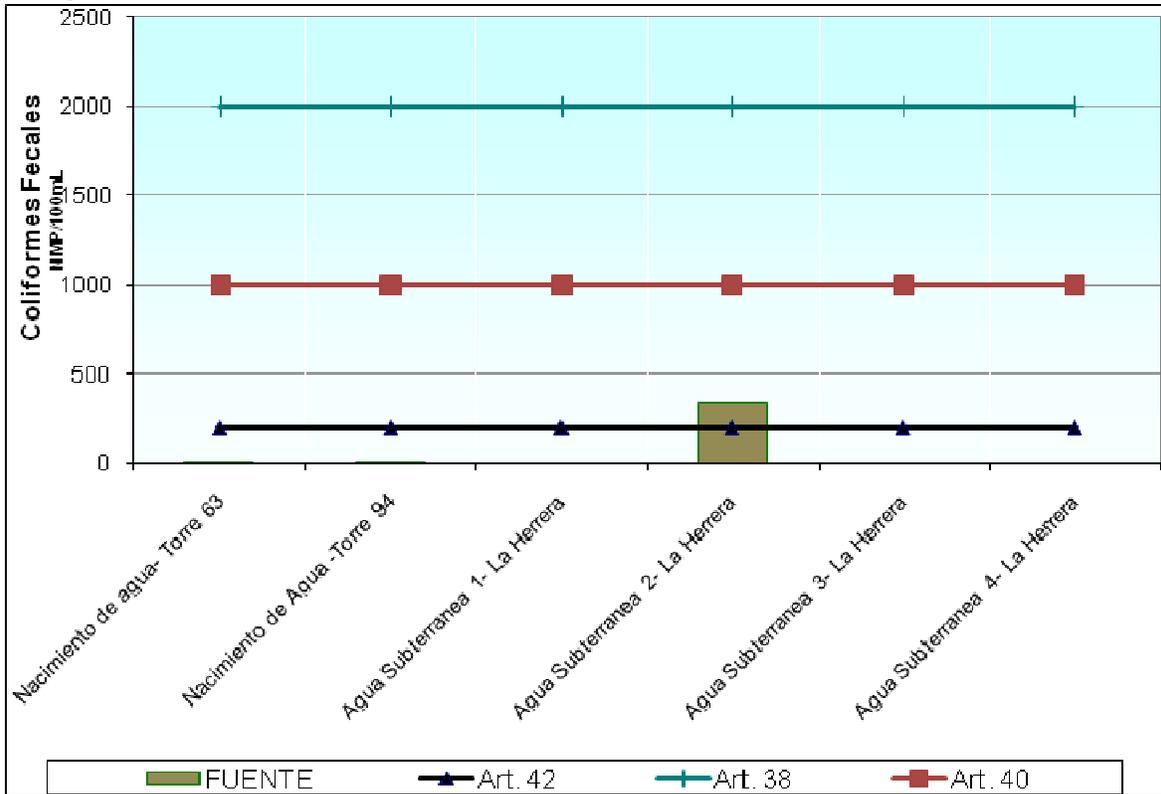
**Figura 176 Comportamiento De Coliformes Totales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



Fuente: CIMA

Los Coliformes Fecales es un parámetro regulado por los artículos 42, 38 y 40 del decreto 1594 de 1984, los límites permisibles establecidos por los mencionados artículos fueron superados por el punto de muestreo denominado Agua Subterránea 2- La Herrera, ver la Figura 177, esto es coherente con la concentración de coliformes totales que fue Muy numerosa para contar, esto se puede atribuir a la tenencia de ganado cerca al afloramiento de los acuíferos, y la utilización los mismos como bebederos, también es de resaltar que se observó vegetación en descomposición en las charcas.

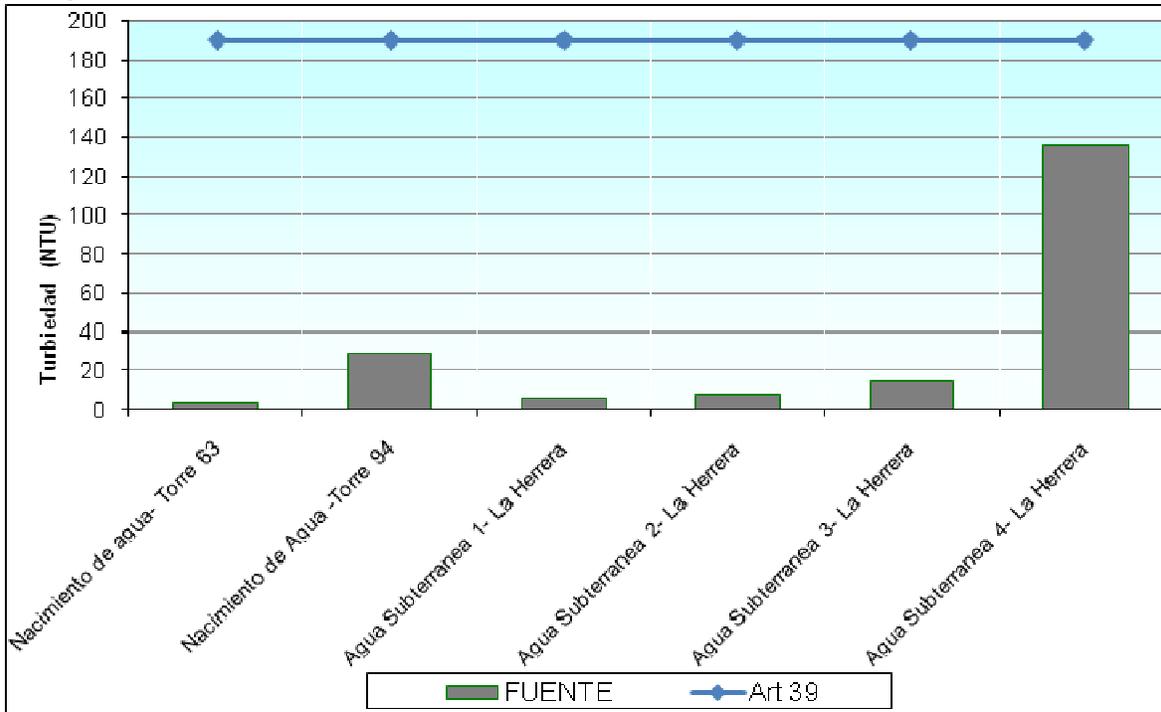
**Figura 177 Comportamiento De Coliformes Fecales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



Fuente: CIMA

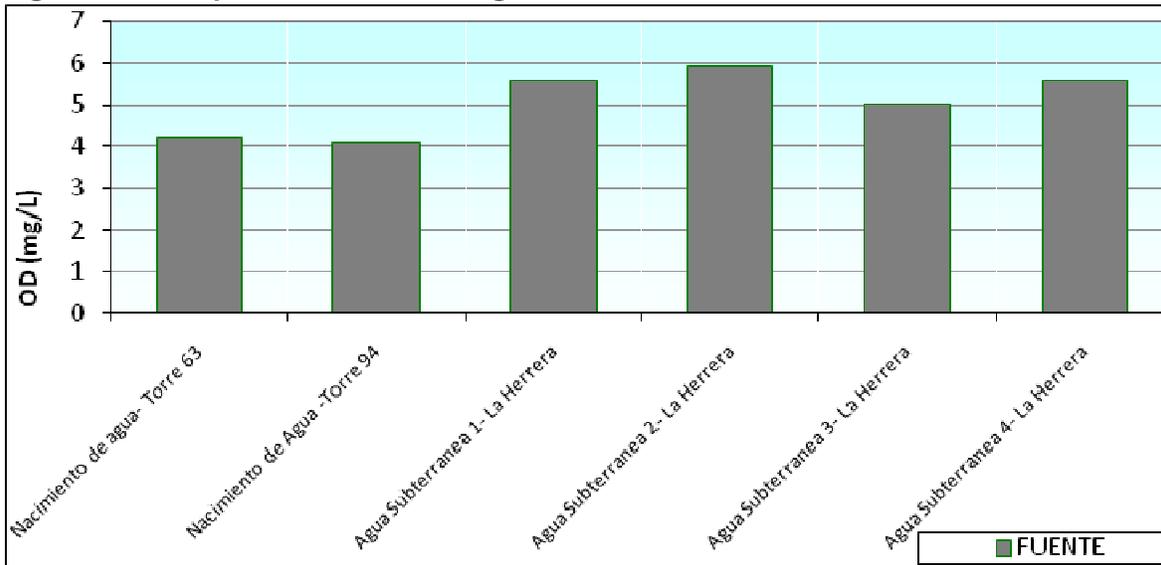
Nótese que en ningún caso la turbiedad determinada supero el límite establecido por el decreto 1594 de 1984, el punto de muestreo más turbio fue el denominado Agua Subterránea 4 - La Herrera, con 136 NTU, ver Figura 178, El valor es bajo y no indica alteraciones en la calidad del recurso, pudo ser causado por la agitación de sedimentos por animales antes del muestreo, ya que el ganado de la finca tenía acceso directo al afloramiento.

**Figura 178** Comportamiento De La Turbiedad En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.



Fuente: CIMA.

**Figura 179** Comportamiento Del Oxígeno Disuelto En Las Fuentes Estudiadas.



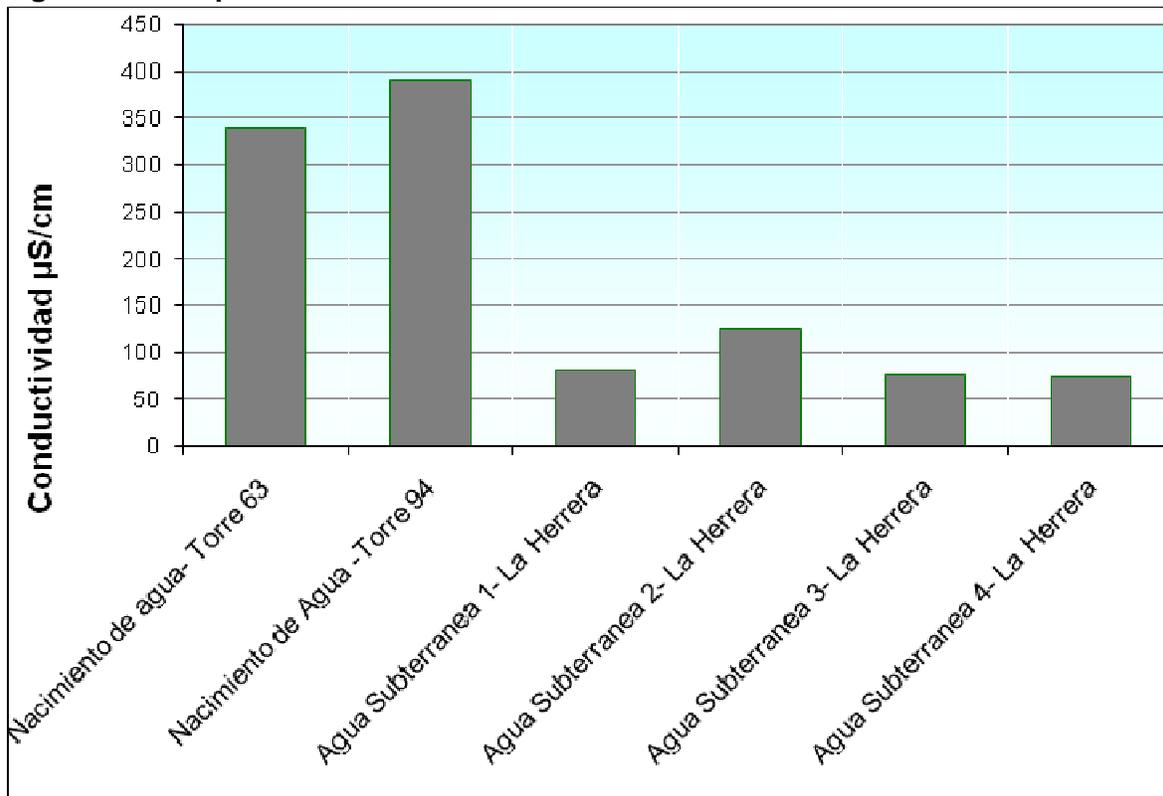
Fuente: CIMA

El comportamiento del Oxígeno Disuelto no tuvo grandes fluctuaciones, y se estableció dentro de un rango típico de aguas poco oxigenadas, como es el caso de aguas

subterráneas recién emergidas, este parámetro no está regulado por el decreto 1594 de 1984. (Ver Figura 179).

La Conductividad Eléctrica es un parámetro no regulado por el decreto 1594 de 1984, los valores determinados son típicos de aguas subterránea, y los valores más altos indican una mayor riqueza en sales, su relación con los sólidos disueltos totales es directa (ver Figura 180).

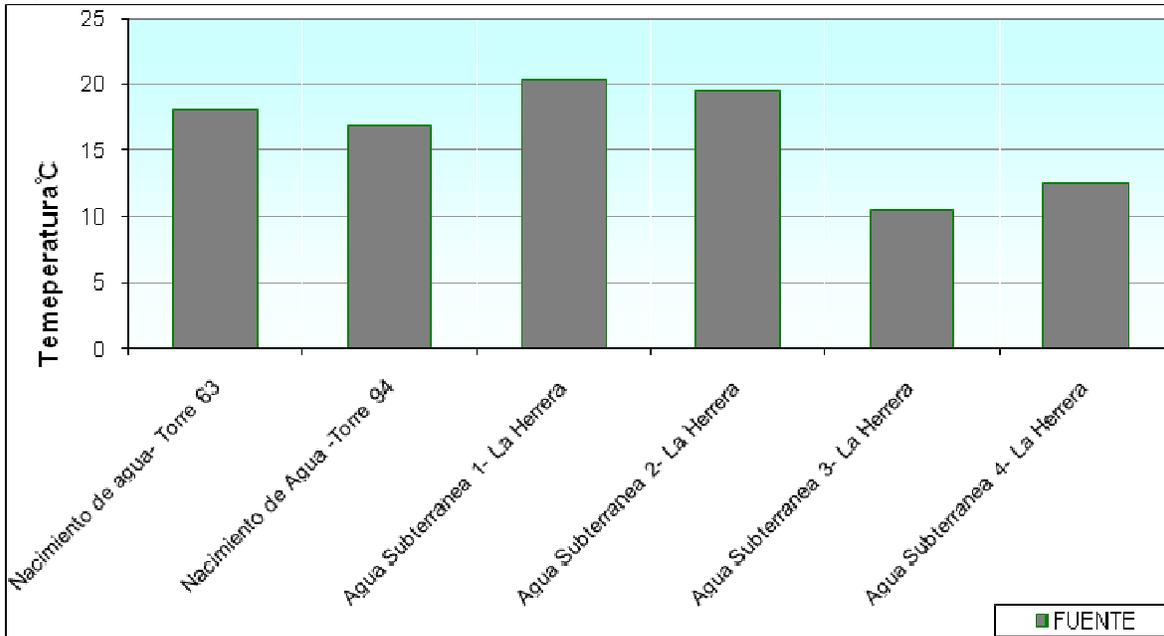
**Figura 180 Comportamiento De La Conductividad En Las Fuentes Estudiadas**



Fuente: CIMA

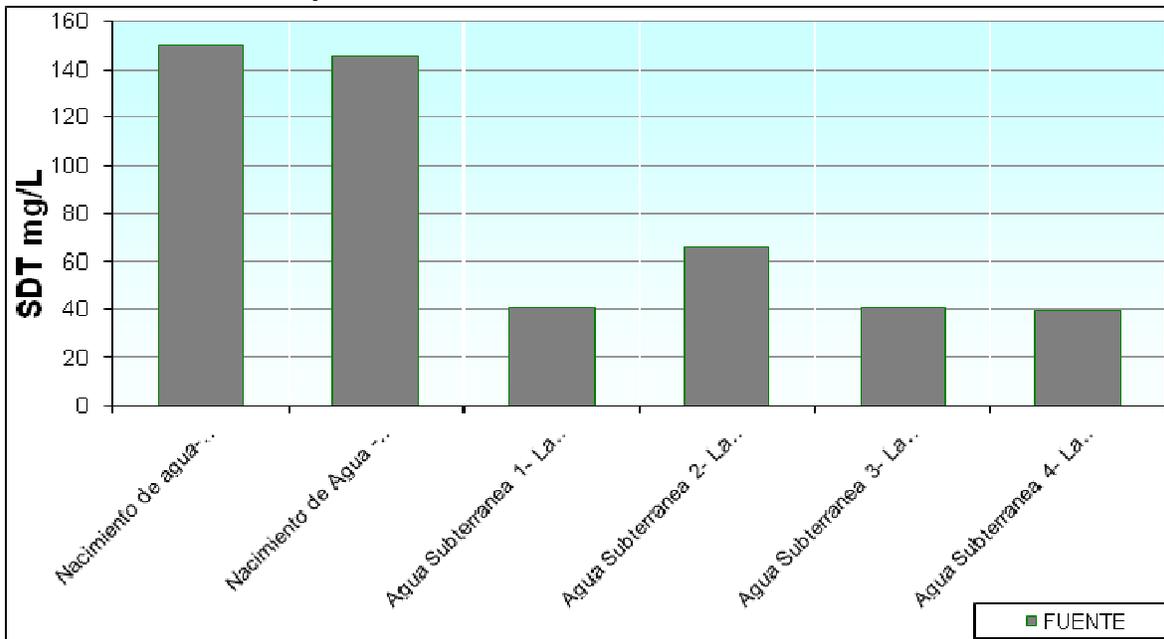
La Temperatura es un parámetro no regulado en el decreto 1594 de 1984 en los artículos 38,39, 40 y 42, si observamos el comportamiento en los diferentes puntos de muestreo no se presentaron grandes fluctuaciones, esto se da gracias a que los puntos pertenecen a una misma zona climática, ya que este parámetro depende mayoritariamente de las condiciones climáticas de la zona y puede ser variado por vertimientos representativos, y en la zona no identificaron vertimientos directos en la fuentes hídricas (ver Figura 181).

**Figura 181 Comportamiento De La Temperatura En Las Fuentes Estudiadas.**



Fuente: CIMA

**Figura 182 Comportamiento De Los Sólidos Disueltos Totales En Las Fuentes Estudiadas Y Su Comparación Con La Norma.**



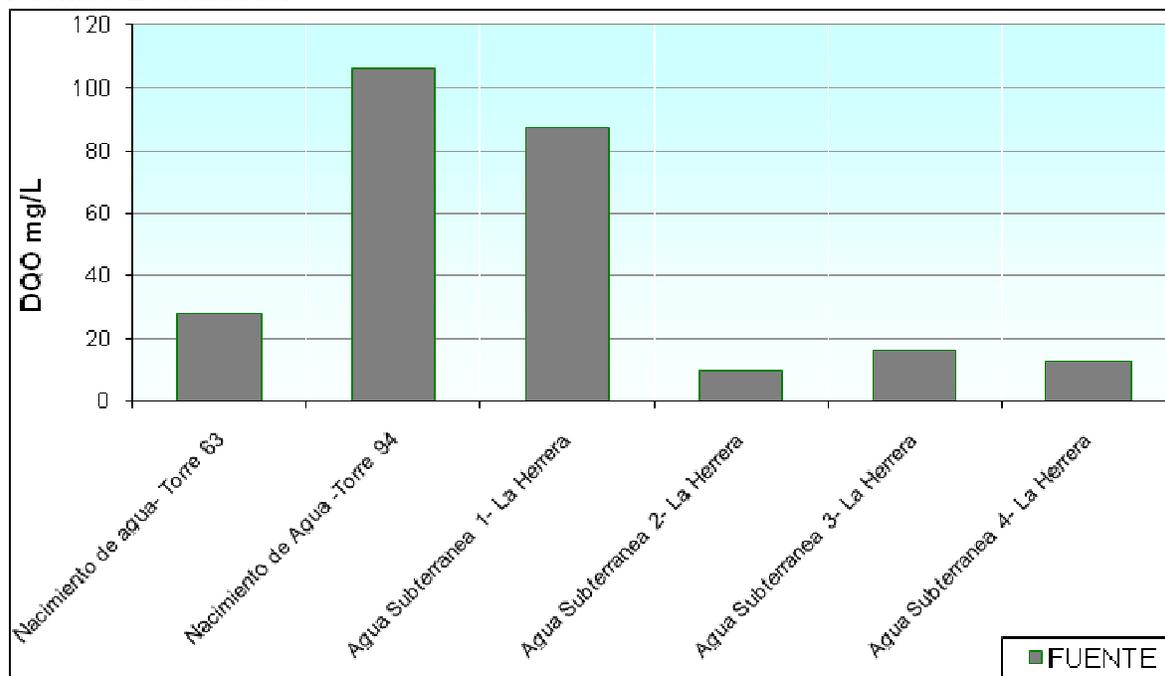
Fuente: CIMA

Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) no se encuentran regulados en el decreto 1594 de 1984, las concentraciones determinadas fueron acordes con la conductividad y

presentaron una distribución similar, las concentraciones más altas de los puntos Nacimientos de agua Torre 63 y Torre 94, pueden responder a características de las capas confinantes y zonas saturadas de los acuíferos que favorezcan la dilución de sales en el agua. Cabe aclarar que estos dos puntos están muy retirados de los otros lo que puede significar que pertenezcan a una formación geológica diferente. Ver Figura 182

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), no se encuentra regulado en el decreto 1594 de 1984, las demandas calculadas para los puntos estudiados fueron irregulares, en los puntos Nacimiento de agua - Torre 63, Agua Subterránea 2, Agua Subterránea 3 y Agua subterránea 4 los valores fueron bajos lo que es típico en aguas subterráneas e indica que no existe contaminación de origen orgánico, caso contrario se da en los dos puntos restantes donde los valores fueron superiores a 85 mg/L, Aquí si hay indicios de alteración en la composición orgánica del agua, esto se puede dar por la presencia de materia orgánica en las charcas donde emerge el agua, por ganadería o la simple descomposición de hojas de los árboles. (Ver Figura 183)

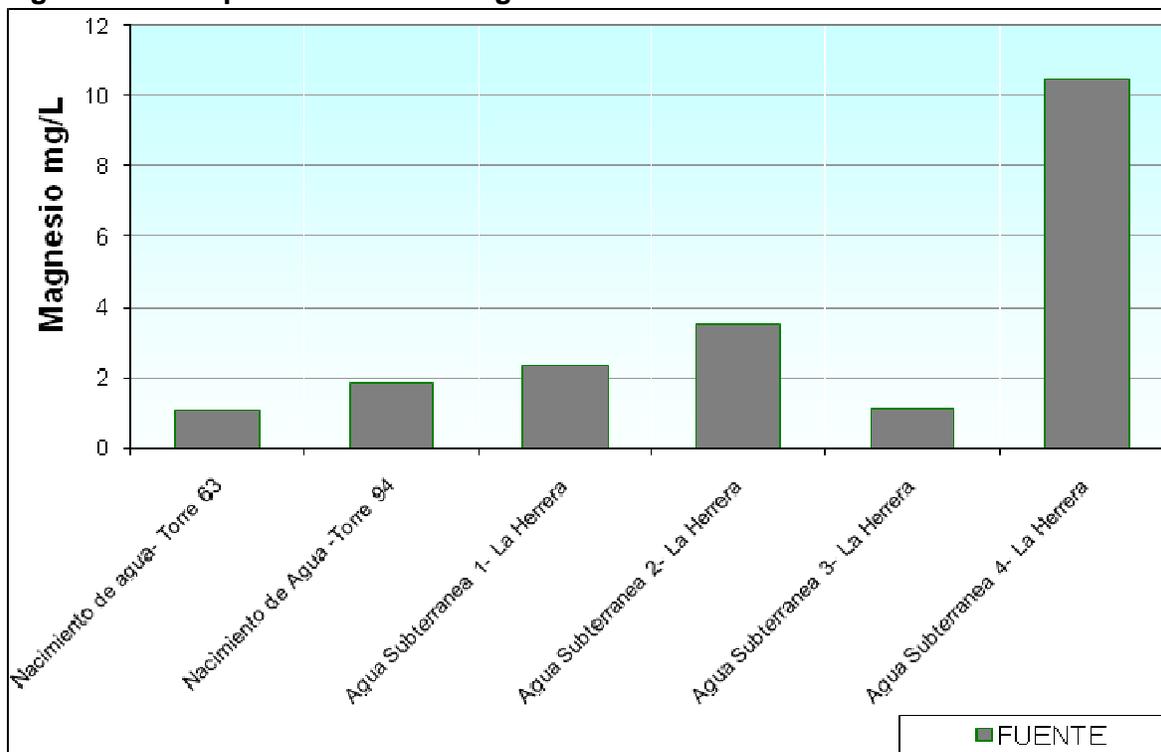
**Figura 183 Comportamiento De La Demanda Química de Oxígeno (DQO) En Las Fuentes Estudiadas.**



Fuente: CIMA.

El Magnesio no se encuentra regulado por el decreto 1594 de 1984, las concentraciones de este parámetro fueron bajas, con un valor máximo en el punto Agua subterránea 4-La Herrera de 10.48 mg/L, esto no indican alteraciones en la calidad del recurso si tomamos como referencia el Artículo 7 de la resolución 2115 de 2007 donde se reglamentan valores máximos aceptables en variables químicas para agua potable en Colombia y al magnesio se le asigna 36 mg/L.(ver Figura 184).

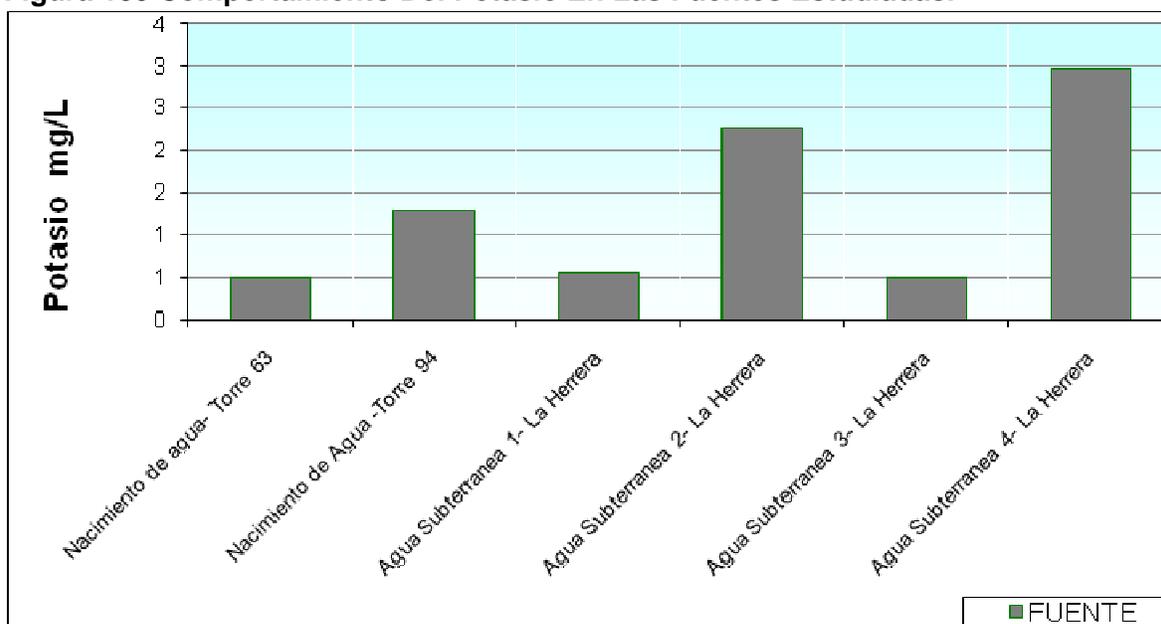
**Figura 184 Comportamiento Del Magnesio En Las Fuentes Estudiadas.**



Fuente: CIMA.

Las concentraciones del parámetro de Potasio en los puntos estudiados fueron bajas, no evidencia alteración de la calidad del recurso (ver Figura 185), el parámetro mencionado no se encuentra regulado en el decreto 1594 de 1984 en sus artículos 38, 39, 40 y 42.

**Figura 185 Comportamiento Del Potasio En Las Fuentes Estudiadas.**



Fuente: CIMA

Los índices de diversidad muestran que la estructura de las comunidades estudiadas presenta una baja existencia de taxones dominantes en los cuerpos de agua monitoreados lo que indica que estos son ecosistemas aptos para mantener una dinámica interespecifica normal con excepción de la comunidad Fito y Zooplanctónica donde hubo ausencia de organismos en algunas estaciones y baja presencia de morfoespecies lo anterior debido principalmente a las condiciones de Oligotrofia generalizadas propias de los ecosistemas de alta montaña, donde también intervienen factores medioambientales como la baja luminosidad y alta pluviosidad ocurrida durante el monitoreo

Para la comunidad Zooplanctónica. Se puede observar que la diversidad fue baja especialmente en aquellos donde solo se registró una morfoespecie, indicando así que este ensamble presenta perturbaciones importantes que son derivadas de la baja abundancia y riqueza de productores primarios como el Fitoplancton.

Los organismos heterótrofos del plancton estudiado presentaron una alta dominancia en la mayoría de las estaciones, relacionada principalmente a la escasa profundidad de las fuentes hídricas monitoreadas y los fuertes factores fisicoquímicos derivados de las condiciones ambientales de alta montaña además de la escasa oferta de alimento debido a la oligotrofia de los sistemas.

La mayoría de las morfoespecies más representativas de la comunidad Perifítica y Fitoplanctónica coincidieron con bioindicación de sistemas oligotróficos y bajas tolerancias a la contaminación por lo que esta sería la situación de los cuerpos de agua analizados, solo se presentaron unas cuantas morfoespecies indicadoras de eutrofia lo cual se podría

atribuir a condiciones o eventos específicos de aporte de materia orgánica que no precisamente evidencian el estado general de los cuerpos de agua.

La comunidad Bentónica fue una de las mejores representadas en cuanto a su estructura, la cual probablemente esté relacionada con la integridad física y química del ambiente, dando como resultado un ensamblaje heterogéneo, sin embargo para aquellas estaciones donde la diversidad fue muy baja como es el caso de Quebrada El Auxilio (Índice de Shannon 0.199) debe considerarse el efecto que puede tener sobre la comunidad Bentónica algunas variables medioambientales como el tipo de sustrato, la estructura y estado de conservación de la vegetación riparia del punto de monitoreo (Peterson & Stevenson, 1992), entre otros

En los puntos de monitoreo Arroyo La Holanda 1, Quebrada La Represa, Quebrada La Honda y Quebrada El Paso hay indicios que apuntan a que en estos cuerpos de agua se están presentando procesos de mineralización

El monitoreo permitió la identificación de un solo espécimen ( *Oncorhynchus mykiss*) en los cuerpos de agua donde fue positiva la captura de ictiofauna, la cual es una especie exótica presente en toda la geografía alto andina que es ampliamente cultivada en la zona, es reconocida como un depredador altamente efectivo por lo que tal vez sea la especie predominante en el área.

Con respecto a la comunidad de Macrófitas El grupo de individuos mejor representado lo fue la familia Cyperaceae agrupando el 30% de las morfoespecies, por su parte las demás familias agruparon el 5% de las morfoespecies al presentar una para cada familia, las estaciones con mayor éxito en el muestreo de Macrófitas lo fueron Arroyo La Holanda1 y Quebrada La Represa al registrar 5 morfo especies por estación.

#### • Valle del Cauca

Para este estudio se caracterizaron seis (6) cuerpos de agua superficial, en los que se analizaron un total de 45 parámetros para análisis fisicoquímico y microbiológico. De los seis (6) puntos caracterizados, cuatro (4) corresponden a ecosistemas acuáticos ubicados en partes altas y medias de la cordillera central dentro del departamento del Valle del Cauca (Quebrada Oriente aguas arriba y aguas abajo, Río Bolo y Quebrada Nogal), y los otros dos (2) puntos corresponden a cuerpos de agua ubicados en el pie de monte de la cordillera central (Quebrada Salsipuedes y Quebrada Párraga), haciendo parte de la agricultura intensiva del Valle del Cauca, al estar dentro de los cultivos de caña de azúcar.

La Quebrada Oriente tanto aguas arriba como aguas abajo cumple lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984, debido a que ninguno de los parámetros tenidos en cuenta en este estudio y que se encuentran consignados en esta norma, sobrepasan los límites máximos permisibles. Teniendo en cuenta los parámetros que no están consignados dentro de la legislación ambiental, todos se encuentran dentro de los rangos normales para cuerpos de agua superficial y; a partir del resultado de los índices de contaminación aplicados, se determina que este cuerpo de agua no presenta contaminación alguna, aunque se resalta la presencia de huevos de Helminto como *Giardia sp.* y *Uncinaria sp.*

El río Bolo y la Quebrada Nogal cumplen lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984, debido a que ninguno de los parámetros tenidos en cuenta en este estudio y que se encuentran consignados en esta norma, sobrepasan los límites máximos permisibles. Teniendo en cuenta los parámetros que no están consignados dentro de la legislación ambiental, todos se encuentran dentro de los rangos normales para cuerpos de agua superficial y; a partir del resultado de los índices de contaminación aplicados, se determina que estos cuerpos de agua no presentan contaminación alguna, aunque se resalta la presencia de huevos de Helminto como *Uncinaria sp* y *Ascaris sp*. en el río Bolo.

La Quebrada Salsipuedes cumple lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984, debido a que ninguno de los parámetros tenidos en cuenta en este estudio y que se encuentran consignados en esta norma, sobrepasan los límites máximos permisibles. Teniendo en cuenta los parámetros que no están consignados dentro de la legislación ambiental, todos se encuentran dentro de los rangos normales para cuerpos de agua superficial y; a partir del resultado de los índices de contaminación aplicados, se determina que este cuerpo de agua presenta contaminación media - alta, y se resalta la presencia de huevos de Helminto como *Taenia sp* y *Ascaris sp*.

La Quebrada Párraga cumple lo estipulado en el Decreto 1594 de 1984 para la mayoría de parámetros, debido a que de todos los parámetros tenidos en cuenta en este estudio y que se encuentran consignados en esta norma, solamente las Coliformes Totales sobrepasan los límites máximos permisibles. Teniendo en cuenta los parámetros que no están consignados dentro de la legislación ambiental, todos se encuentran dentro de los rangos normales para cuerpos de agua superficial y; a partir del resultado de los índices de contaminación aplicados, se determina que este cuerpo de agua presenta contaminación alta, y se resalta la presencia de huevos de Helminto como *Ascaris sp*.

De forma general se determina que los cuerpos de agua muestreados que se encuentran ubicados en la parte alta y media de la cordillera central y que hacen parte del departamento del Valle del Cauca (Quebrada Oriente aguas abajo y aguas arriba, Río Bolo y Quebrada Nogal), presenta una baja contaminación de las aguas cumpliendo en su totalidad con lo estipulado en el decreto 1594 de 1984 para usos del agua, en contraste con los cuerpos de agua muestreados que se encuentran ubicados en el pie de monte Valluno (Quebrada Salsipuedes y Quebrada Párraga), que presentan contaminación media y alta, debido a la presencia de asentamientos humanos mayores y principalmente debido a la agricultura intensiva de caña de azúcar presente en los alrededores.

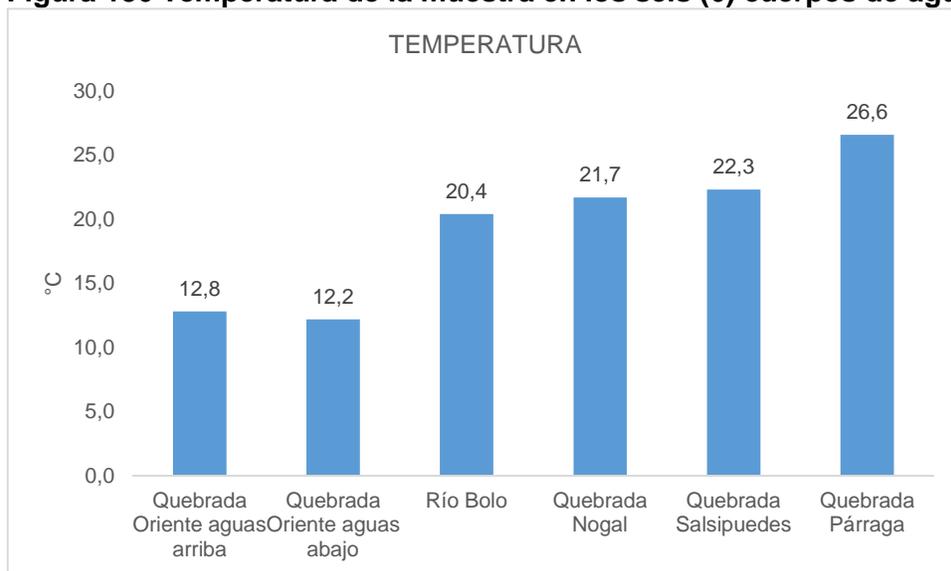
### **Agua Superficial**

A continuación se presentan las gráficas concernientes a cada uno de los parámetros analizados, teniendo en cuenta los seis puntos muestreados, para ser analizados de forma simultánea y comparativa.

Las variaciones del parámetro de Temperatura en las corrientes de agua generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y la flora presente en él; elevan el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua y originan la disminución del oxígeno disuelto, lo que conduce a condiciones anaeróbicas de la corriente. En la Figura

186 se observa como la temperatura varió desde los 12,8 °C hasta 26,6 °C dependiendo de la altura sobre el nivel del mar a la que fueron tomadas las muestras y a su vez, encontrándose sin afectación debido a que se encuentran acorde con la temperatura ambiente de los sitios de muestreo.

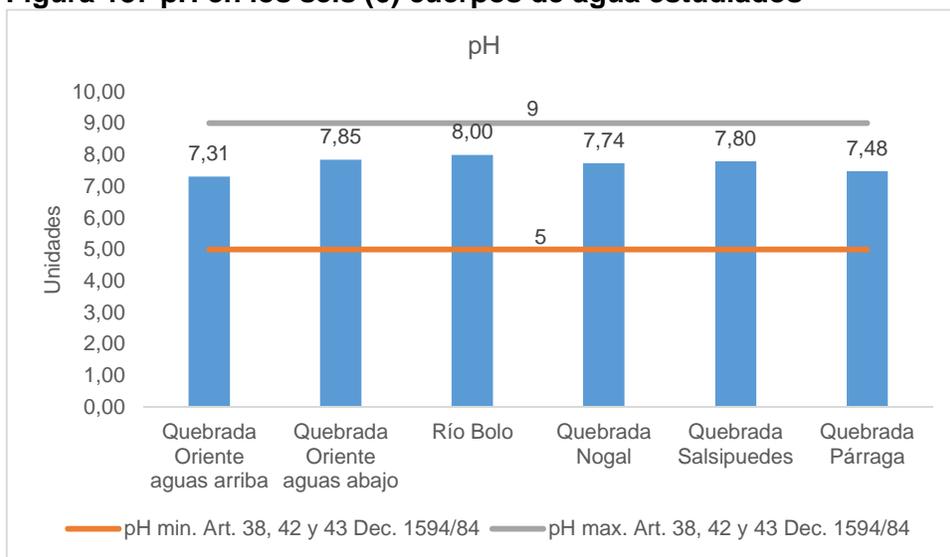
**Figura 186 Temperatura de la muestra en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El pH origina cambios en la fauna y en la flora de los cuerpos de agua; ejerce influencia sobre la toxicidad de ciertos compuestos, como el amoníaco, metales pesados e hidrógeno sulfurado, entre otros. En los cinco (5) puntos de muestreo el pH se mantuvo entre 7,31 y 8,0 (Figura 187), encontrándose dentro del rango establecido en los Artículos 38, 39, 40, 42 y 43 del Decreto 1594 de 1984, cumpliendo con lo estipulado.

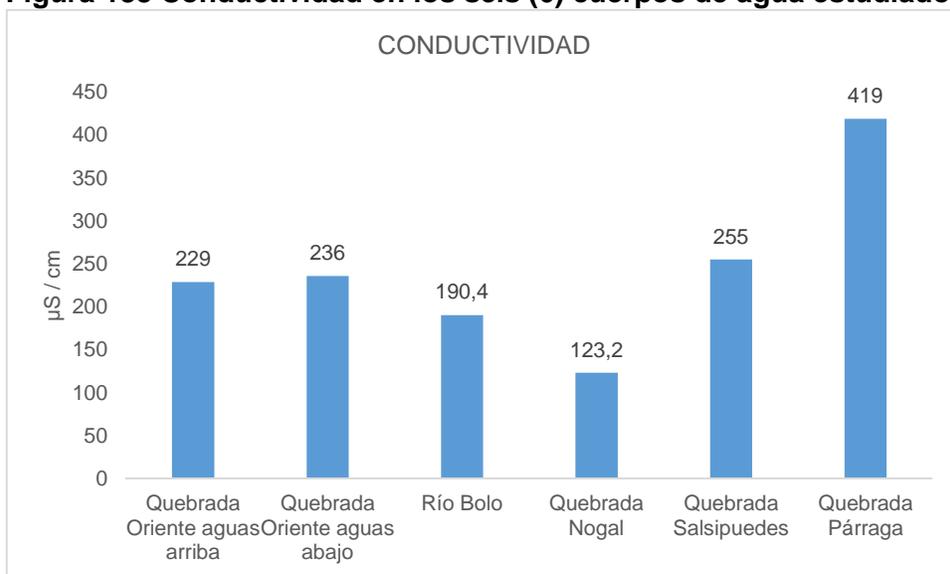
**Figura 187 pH en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

La Conductividad indica la presencia de sales en forma ionizada, como los cloruros o iones de sodio y carbonatos, entre otros; es la mejor medida indirecta de la salinidad. Presentó variaciones entre 123,2 y 255  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para la mayoría de los cuerpos de agua, a excepción de la Quebrada Párraga que presentó una conductividad mayor con 419  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 188). Este parámetro no se encuentra regulado en la legislación ambiental vigente.

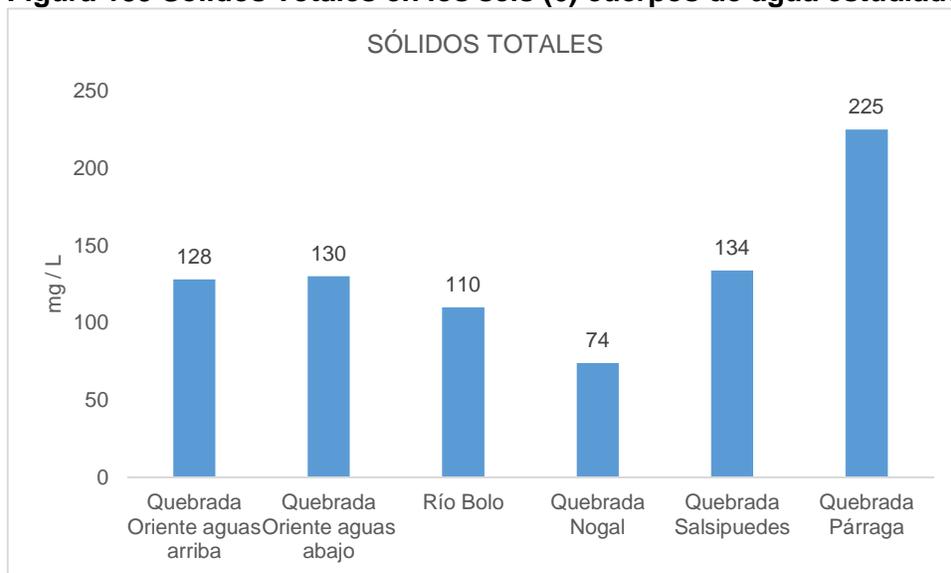
**Figura 188 Conductividad en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

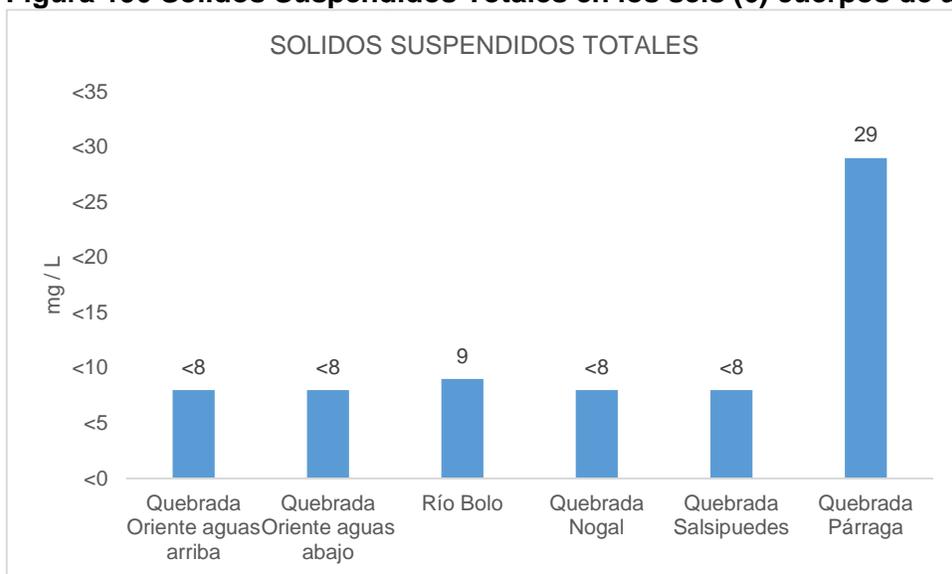
Las diferentes formas de sólidos indican la presencia de sales disueltas y partículas en suspensión de carácter orgánico o inorgánico. Se observó el mismo patrón para los puntos muestrados, en donde la mayoría muestran valores similares a excepción de la Quebrada Párraga que exhibe un valor mayor de las distintas formas de sólidos. Para lo que son Sólidos Totales (Figura 189) los valores estuvieron entre 74 y 225 mg/L; los Sólidos Suspendidos Totales (Figura 190) presentaron valores menores a 8 hasta 29 mg/L; los Sólidos Disueltos Totales (Figura 191), variaron desde 58,2 hasta 201,9 mg/L y; los Sólidos Sedimentables, fueron menores a 0,1 ml/L-h para todos las estaciones de muestreo. Estos parámetros no presentan un límite en la normatividad ambiental vigente, aunque es de resaltar que sus valores son bajos.

**Figura 189 Sólidos Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



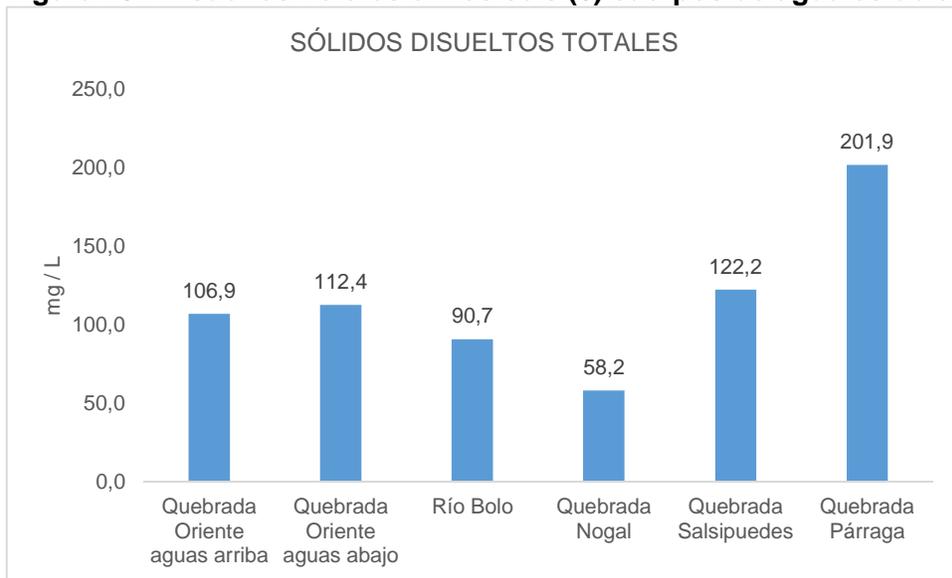
Fuente: C.I.M.A., 2014

**Figura 190 Sólidos Suspendidos Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



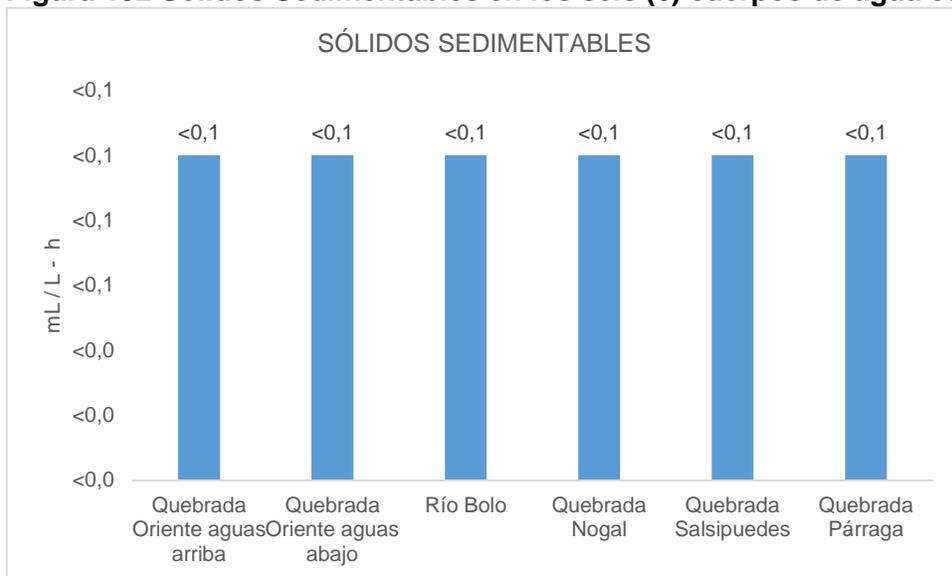
Fuente: C.I.M.A., 2014

**Figura 191 Disueltos Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

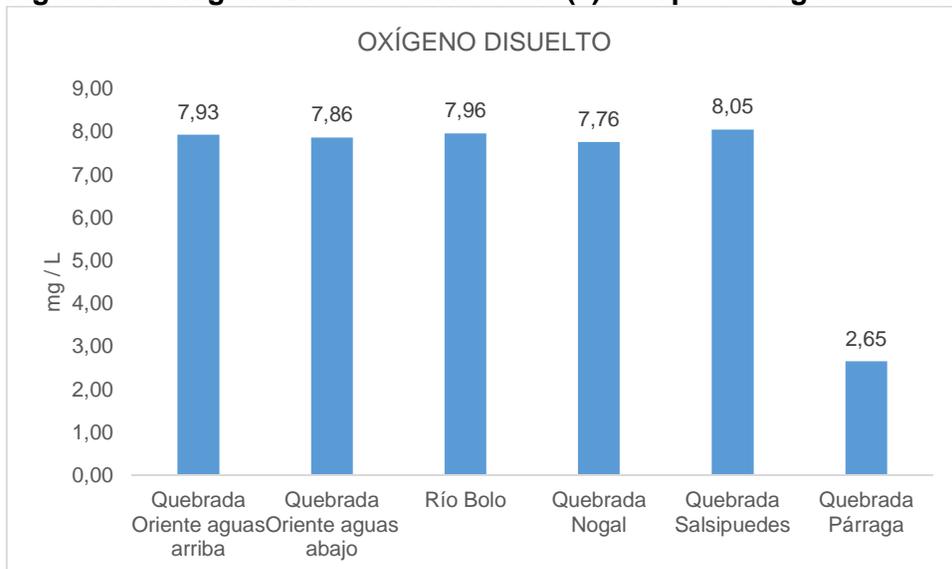
**Figura 192 Sólidos Sedimentables en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El Oxígeno Disuelto es una prueba para determinar por su concentración la contaminación de corrientes o los cuerpos de agua; es una de las condiciones más importantes para que exista crecimiento y reproducción de una población normal de peces y otros organismos acuáticos. La mayoría de los cuerpos de agua exhibieron una buena oxigenación, con valores entre 7,76 y 8,05 mg/L, a excepción de la Quebrada Párraga que presentó una oxigenación de 2,65 mg/L (Figura 193). Este parámetro no se encuentra establecido en la norma.

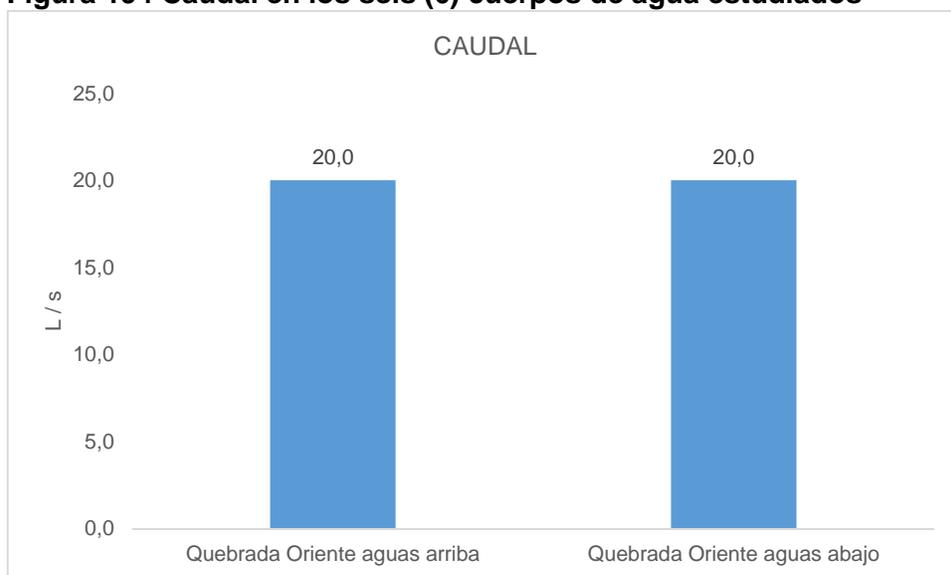
**Figura 193 Oxígeno Disuelto en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El caudal fue medido únicamente en la Quebrada Oriente, aguas arriba y aguas abajo del posible punto de captación. Esta Quebrada presentó un caudal de igual magnitud para los dos puntos tomados, cuyo valor fue de 20 L/s (Figura 194). Este parámetro no se encuentra contemplado en el Decreto 1594 de 1984

**Figura 194 Caudal en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**

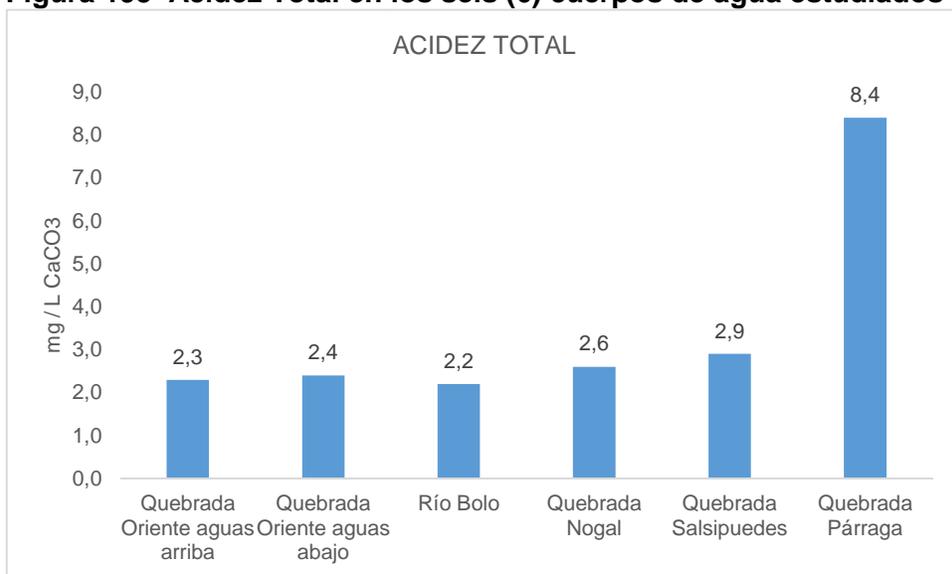


Fuente: C.I.M.A., 2014

La Acidez Total, Alcalinidad Total y Bicarbonatos, son parámetros que no pueden considerarse como contaminantes directos o específicos, sino como una medida de los efectos de la combinación de sustancias asociadas a los carbonatos y bicarbonatos. Debido a las variaciones que producen en el pH se generan reacciones secundarias rompiendo el ciclo ecológico en un cuerpo de agua. Ellos se expresan como la concentración de carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

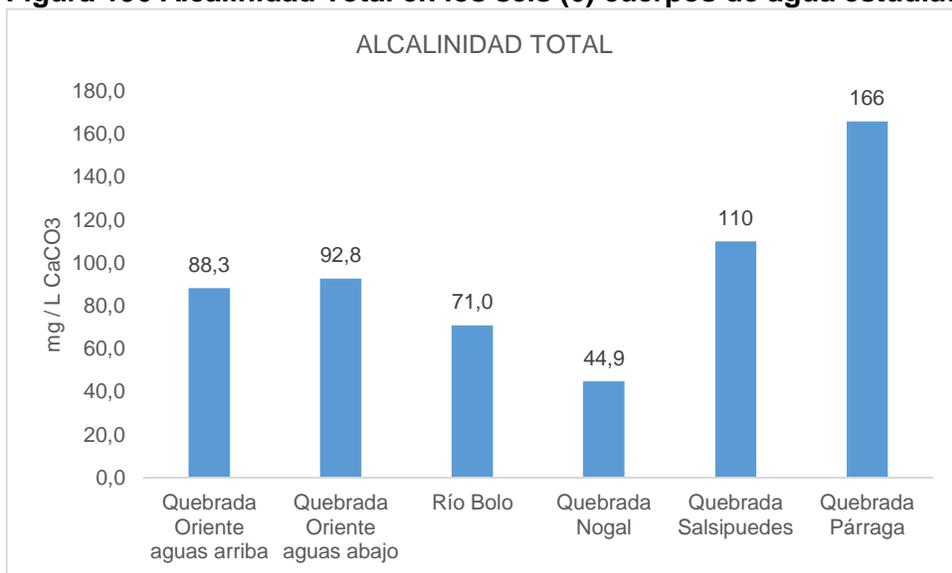
Estos tres (3) parámetros se encontraron poco fluctuantes para la mayoría de los cuerpos de agua muestreados, con valores entre 2,2 y 2,9 mg/L  $\text{CaCO}_3$  para la Acidez (Figura 195) y con valores entre 44,9 y 110 mg/L  $\text{CaCO}_3$  para la Alcalinidad y los Bicarbonatos (Figura 197), mientras que en la Quebrada Párraga los valores fueron mayores, con 8,4 mg/L  $\text{CaCO}_3$  de Acidez y 166 mg/L de Alcalinidad y Bicarbonatos. Estos parámetros no presentan un límite en la normatividad ambiental vigente.

**Figura 195 Acidez Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



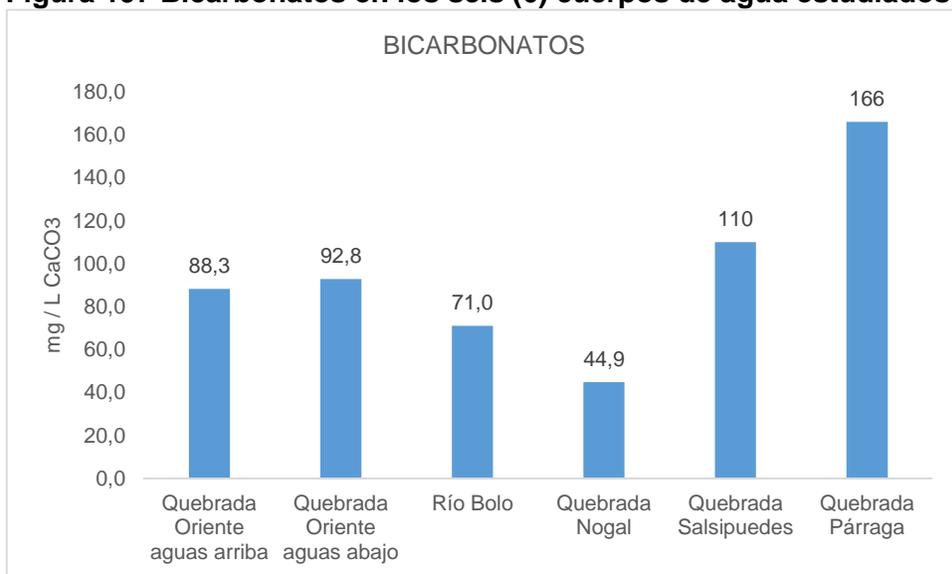
Fuente: C.I.M.A., 2014

**Figura 196 Alcalinidad Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

**Figura 197 Bicarbonatos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

La contaminación por Arsénico aparece asociada a la fabricación o utilización de herbicidas o pesticidas. Obstaculiza la reproducción celular y los tejidos de muchos organismos lo acumulan, por tanto sus efectos dañinos pueden durar un tiempo cuando la concentración en baja, pero a pesar de ello es mortal. En la Figura 198 se puede observar que la concentración de Arsénico estuvo entre 0.00036 0.00039 mg/L, encontrándose por debajo de la concentración máxima permitida para este parámetro según los Artículos 38 a 41 del Decreto 1594 de 1984.

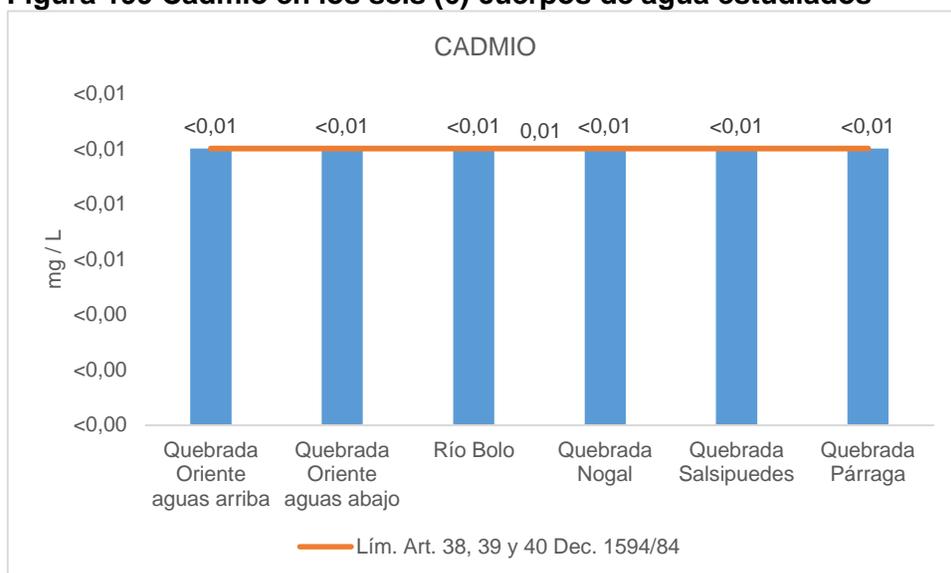
**Figura 198 Arsénico en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El Cadmio es especialmente peligroso ya que se puede combinar con otras sustancias tóxicas; afecta principalmente a los micromoluscos (no se desarrolla la concha); produce graves enfermedades cardiovasculares en el hombre, además, es un irritante gastrointestinal. La concentración de cadmio fue menor a 0,01 mg/L en todos los puntos de monitoreo (Figura 199), valor que cumple con la norma al ser inferior a lo establecido en los Artículos 38 a 41 del Decreto 1594 de 1984.

**Figura 199 Cadmio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Los Cloruros son una medida indirecta de contaminación de origen orgánico humano, así como de la presencia de sales ionizables. Presenta valores menores a 3,3 hasta 11,6 mg/L CL- (Figura 200), siendo muy inferiores a lo establecido en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984, cumpliendo de esta manera con la legislación.

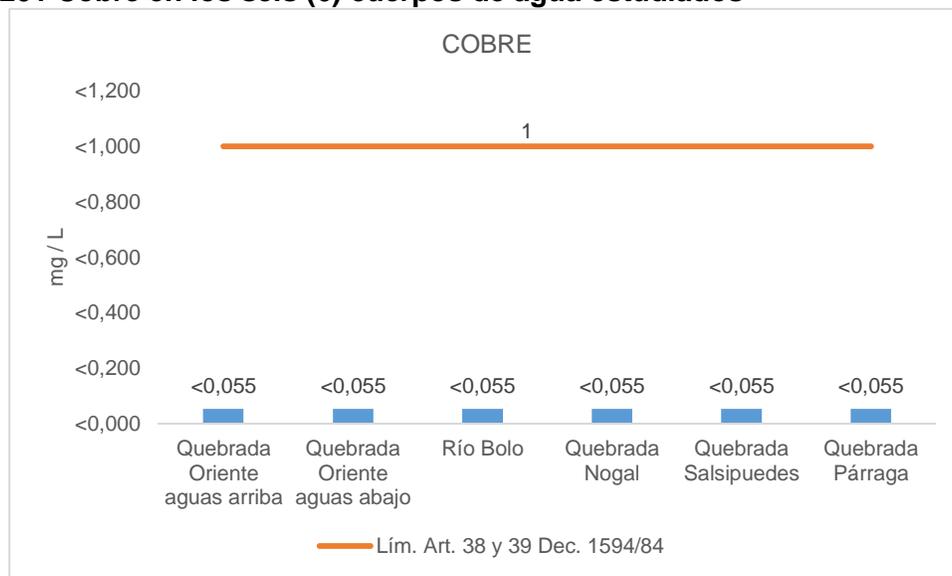
**Figura 200 Cloruros en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

En el caso del Cobre, su toxicidad sobre los organismos acuáticos varía con la especie, características físicas y químicas del agua, como temperatura, dureza, turbiedad y contenido de CO<sub>2</sub>. Para todos los puntos sus valores fueron inferiores a 0,055 mg/L (Figura 201), cumpliendo con lo estipulado en los Artículos 38 a 41 del Decreto 1594 de 1984.

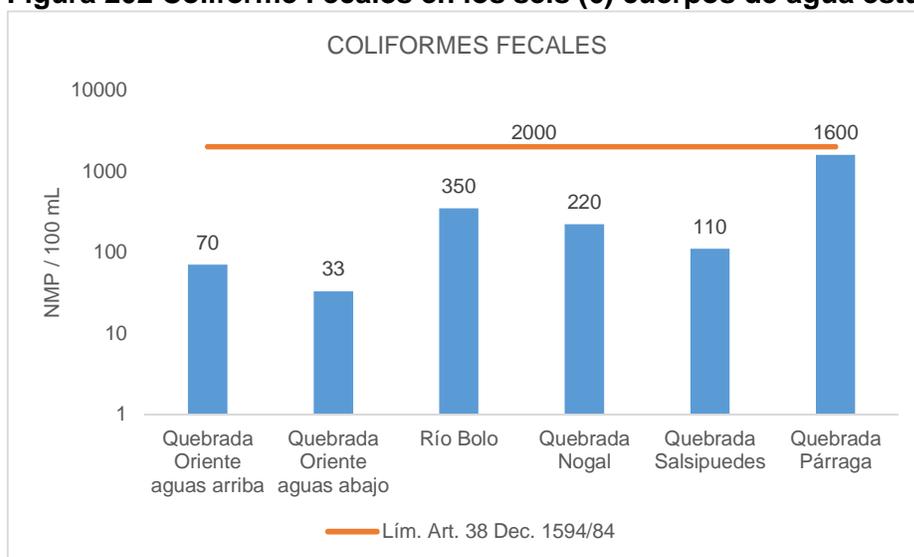
**Figura 201 Cobre en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Los Coliformes Fecales son un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que las coliformes fecales siempre están presentes en las heces humanas y de los animales. Para la mayoría de los puntos se presentaron valores entre 33 y 350 NMP/100mL, exceptuando la Quebrada Párraga que presentó 1600 NMP/100mL (Figura 202), pero aun así, para el Artículo 38 del Decreto 1594 de 1984, todos los puntos de muestreo cumplen lo exigido, pero; teniendo en cuenta el Artículo 40, no está cumpliendo lo estipulado la Quebrada Párraga, debido a que sobrepasa los 1000 NMP/100mL y; teniendo en cuenta el Artículo 42, no estarían en cumplimiento de lo establecido, el río Bolo, la Quebrada Nogal y la Quebrada Párraga, debido a que sobrepasan los 200 NMP/100mL.

**Figura 202 Coliforme Fecales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

La presencia de coliformes totales indica que el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales. Para el Artículo 38 del Decreto 1594 de 1984, cumplen lo estipulado la mayoría de puntos de muestreo a excepción de la Quebrada Párraga, debido a que presenta un valor 10 veces mayor al límite máximo permisible de 20000 NMP/100mL (Figura 203); para los Artículos 40 y 43, no cumplen lo establecido en la norma, las Quebradas Salsipuedes y Párraga, debido a que están por encima de los 5000 NMP/100mL y; para los Artículos 39 y 42, tan solo cumple la Quebrada Oriente tanto aguas arriba como aguas abajo, debido a que está por debajo de los 1000 NMP/100mL.

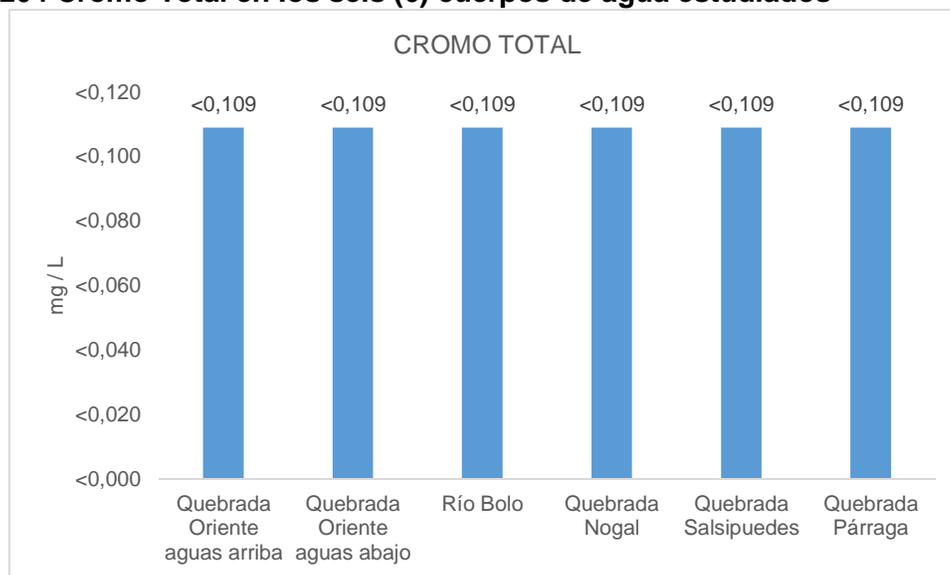
**Figura 203 Coliformes Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

La toxicidad del Cromo Total varía con el tipo de peces, con la temperatura y el pH del agua, así como también con su estado de oxidación. La concentración de Cromo fue menor a 0,109 mg/L en todos los puntos de monitoreo (Figura 204), por tanto, este parámetro cumple con lo estipulado en los Artículos 38 a 41 del Decreto 1594 de 1984.

**Figura 204 Cromo Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**

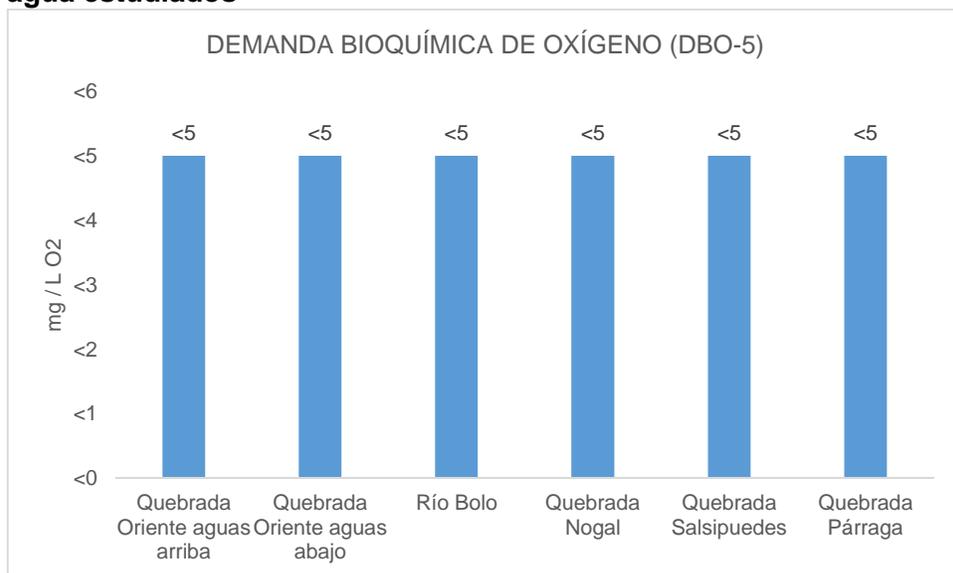


Fuente: C.I.M.A., 2014

La Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días es el parámetro de mayor significación cuando se trata de determinar la carga polucional que pueden generar los desechos domésticos e industriales de carácter orgánico al ser descargados en corrientes de agua en las que persistan condiciones aeróbicas. La DBO-5 fue menor a 5 mg/L O<sub>2</sub> para todos

los puntos de muestreo (Figura 205). Este parámetro no se encuentra regulado pero es de resaltar su importancia como se menciona anteriormente.

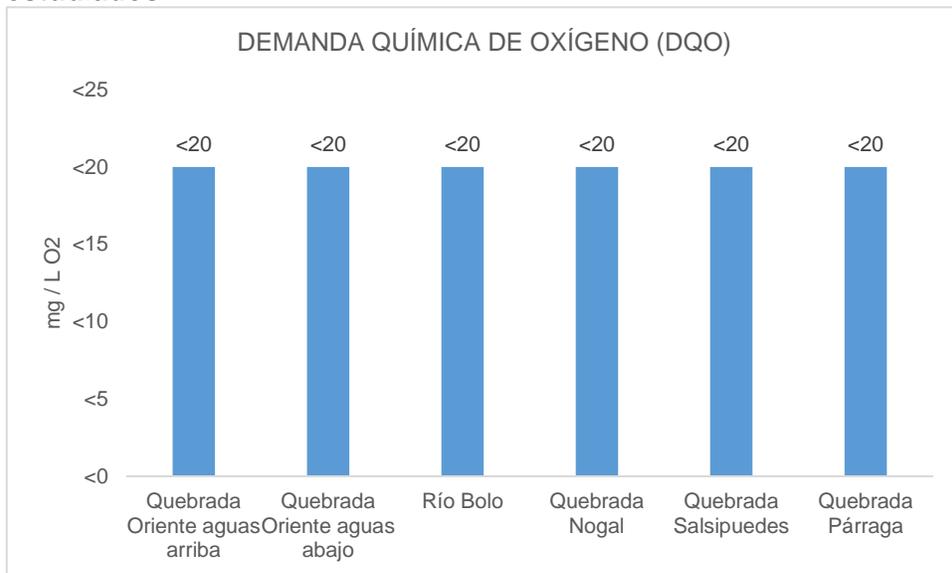
**Figura 205 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO-5) en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

La prueba de Demanda Química de Oxígeno es muy usada para medir la carga polucional de los desechos domésticos e industriales. Mediante esta prueba se puede medir un desecho en términos de la cantidad de oxígeno requerido para oxidar completamente la materia orgánica del desecho a CO<sub>2</sub>, agua y amoníaco. La DQO fue menor a 20 mg/L O<sub>2</sub> para todos los puntos de muestreo (Figura 206). Este parámetro no está contemplado dentro de lo establecido en el Decreto 1594 de 1984.

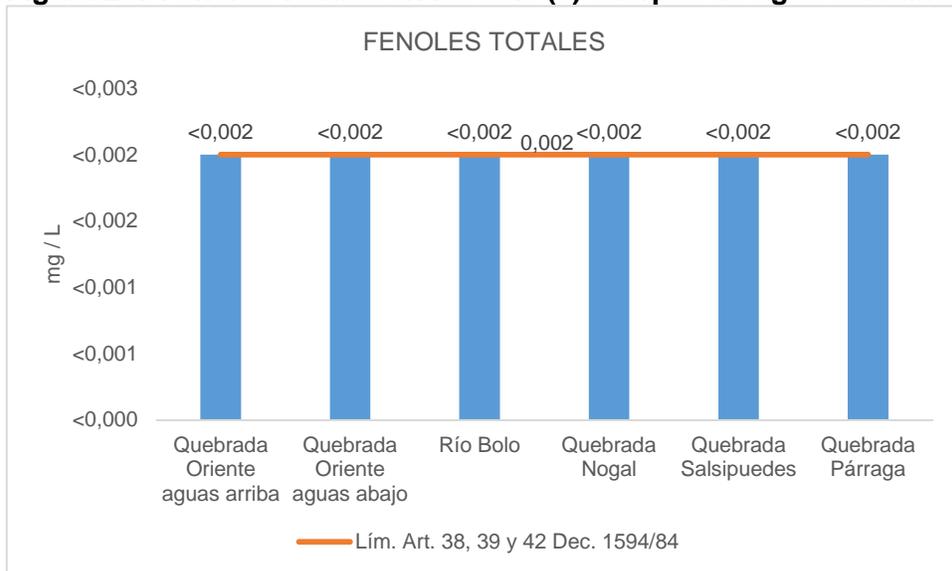
**Figura 206 Demanda Química de Oxígeno (DQO) en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El valor de la concentración de fenoles totales fue menor a 0.002 mg/L para todos los puntos de monitoreo (Figura 207), concentraciones bajas que cumplen con lo establecido en los artículos 38, 39 y 42 del Decreto 1594 de 1984.

**Figura 207 Fenoles Totales en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



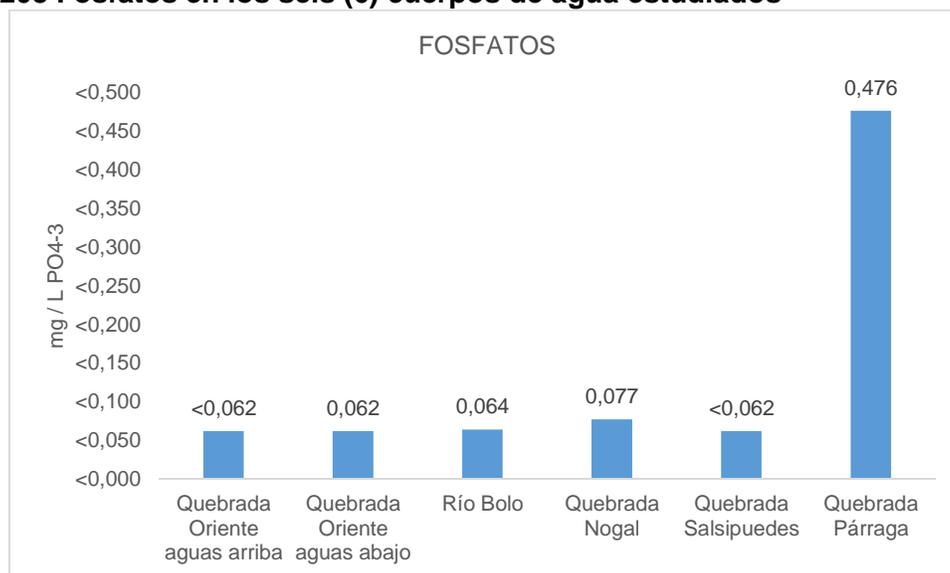
Fuente: C.I.M.A., 2014

Los niveles de Fosfatos, Fósforo Inorgánico, Fósforo Orgánico y Fósforo Total puede ser utilizado como indicador de cantidad de detergentes sintéticos vertidos a una corriente, ya que estos poseen entre el 12 y el 13% de fósforo en sus formulaciones. Desde el punto de

vista de eutroficación de cuerpos de agua, el nivel crítico es aproximadamente 0,01 mg/L. La mayoría de los cuerpos de agua presentaron la misma variación de concentraciones de Fósforo en sus distintas presentaciones, a excepción de la Quebrada Párraga, en donde su concentración fue mayor.

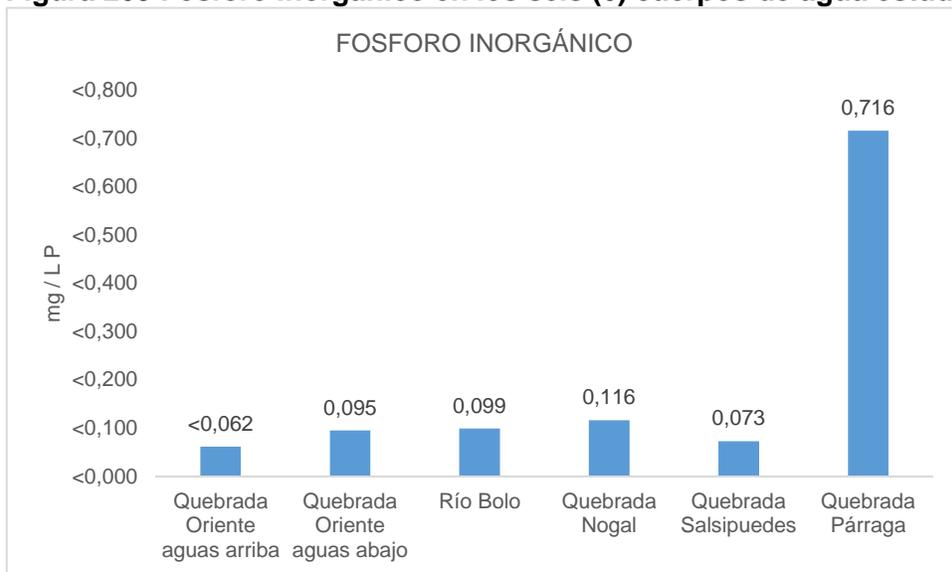
Los Fosfatos (Figura 208) presentaron valores menores a 0,062 hasta 0,476 mg/L  $PO_4^{-3}$ ; el Fósforo inorgánico (Figura 209) varió con valores menores a 0,062 hasta 0,716 mg/L P; el Fósforo orgánico (Figura 210) fue menor a 0,062 mg/L P en la mayoría de las estaciones de muestreo, a excepción de la Quebrada Párraga, que presentó una concentración de 0,229 mg/L P y; el Fósforo Total (Figura 211) presentó variaciones entre 0,078 y 0,945 mg/L P. Estos parámetros no se encuentran contemplados dentro del Decreto 1594 de 1984 exceptuando el Fósforo orgánico que para los Artículos 42 y 43 debe estar ausente, caso que no se cumple en ninguno de los puntos de muestreo.

**Figura 208 Fosfatos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



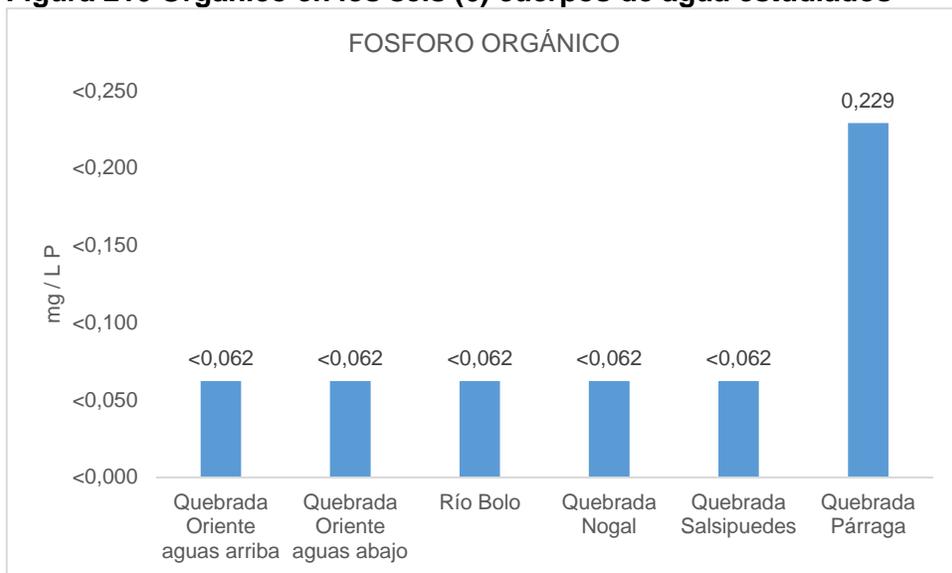
Fuente: C.I.M.A., 2014

**Figura 209 Fósforo Inorgánico en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



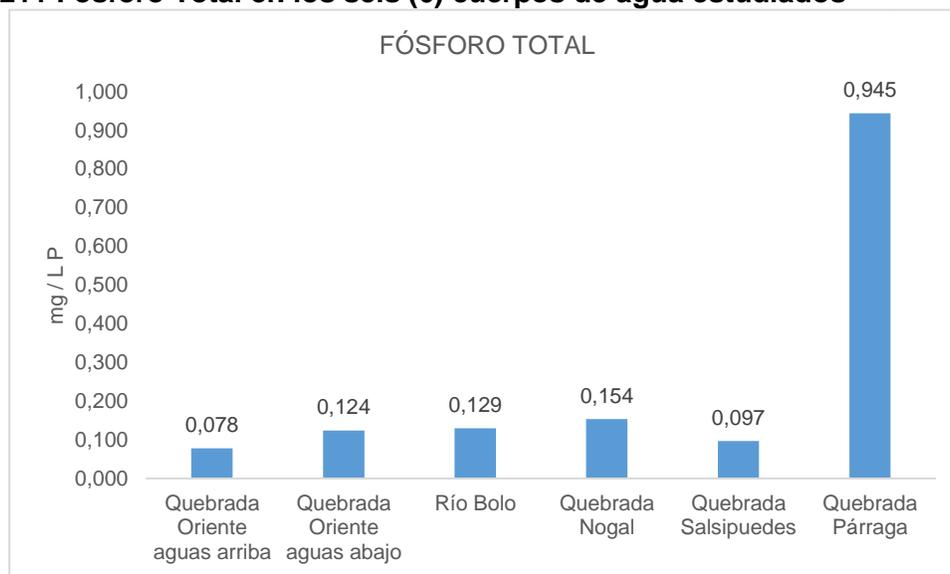
Fuente: C.I.M.A., 2014

**Figura 210 Orgánico en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

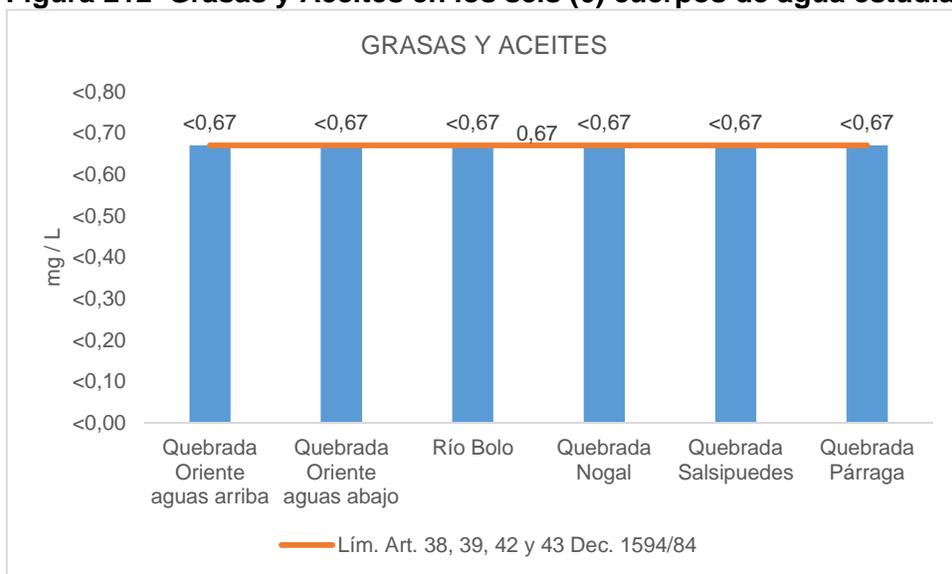
**Figura 211 Fósforo Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Las Grasas y Aceites en aguas superficiales ocasionan películas que interfieren en la transferencia de oxígeno atmosférico; en cantidades excesivas disminuyen la eficiencia de los tratamientos biológicos; originan taponamiento de las redes de alcantarillado, por su adherencia a las paredes del tubo; su presencia disminuye notablemente la calidad estética del cuerpo de agua y; generalmente está asociada a la presencia de hidrocarburos por su insolubilidad en el agua. La concentración de Grasas y Aceites en todos los dos puntos de monitoreo fue menor a 0,67 mg/L (Figura 212), lo que indica que no hay contaminación por actividades industriales en estos puntos, además de no presentar una película visible (SPV), cumpliendo con lo establecido en la normatividad en los Artículos 38, 39, 42, y 43 del Decreto 1549 de 1984.

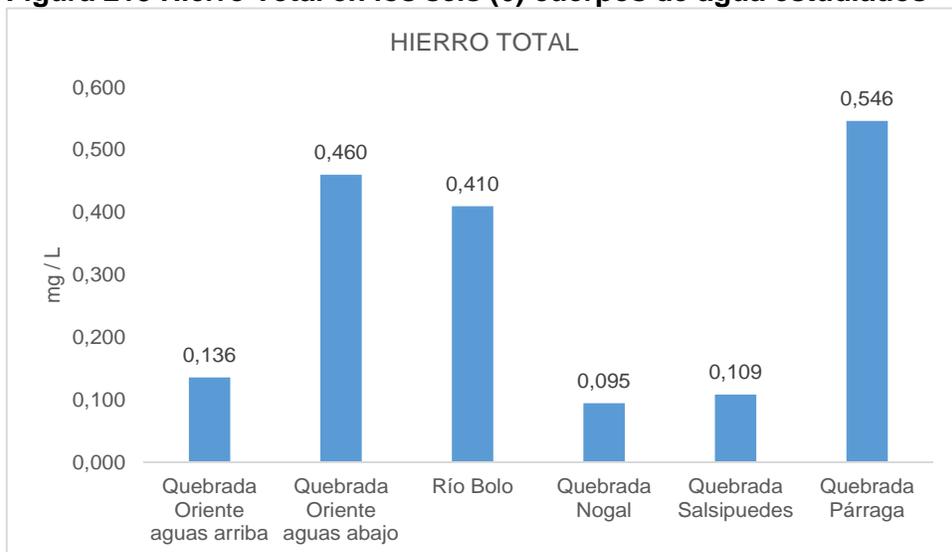
**Figura 212 Grasas y Aceites en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Aguas con altos contenidos de Hierro Total, al entrar en contacto con el aire, se pueden precipitar, originando sólidos sedimentables, y coloración de las aguas. Su presencia imposibilita el uso del agua en algunas actividades industriales y posibilita el crecimiento de las bacterias del hierro, que causan taponamiento en las tuberías de acueducto. Sus valores están entre 0,095 y 0,546 mg/L en las estaciones muestreadas (Figura 213), estando por debajo de los 5 mg/L establecidos en el Artículo 40 del Decreto 1594 de 1984.

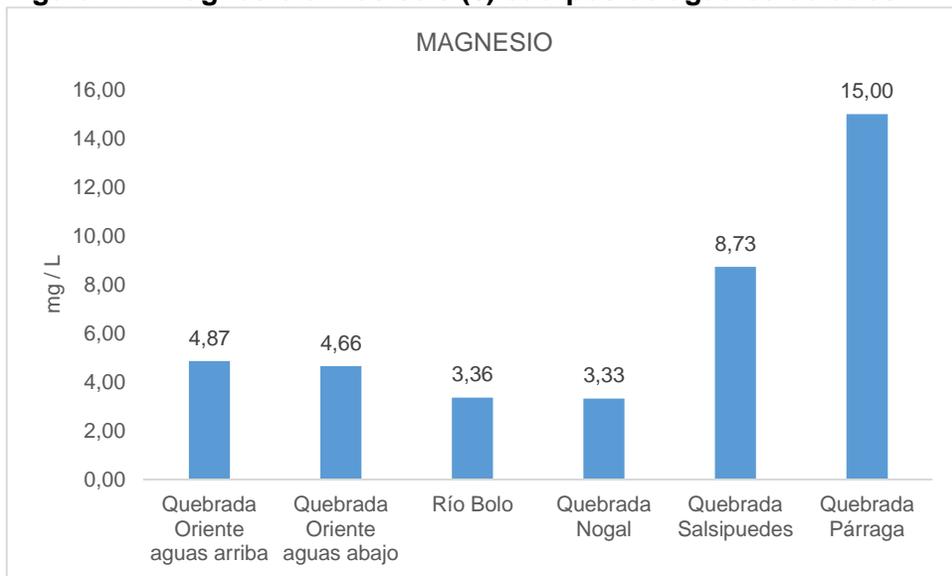
**Figura 213 Hierro Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El contenido de Dureza está asociado al contenido de Magnesio, la formación de incrustaciones y propiedades corrosivas del agua. Su concentración estuvo entre 3,33 y 15,00 mg/L (Figura 214). Este parámetro no se encuentra contemplado en el Decreto 1594 de 1984.

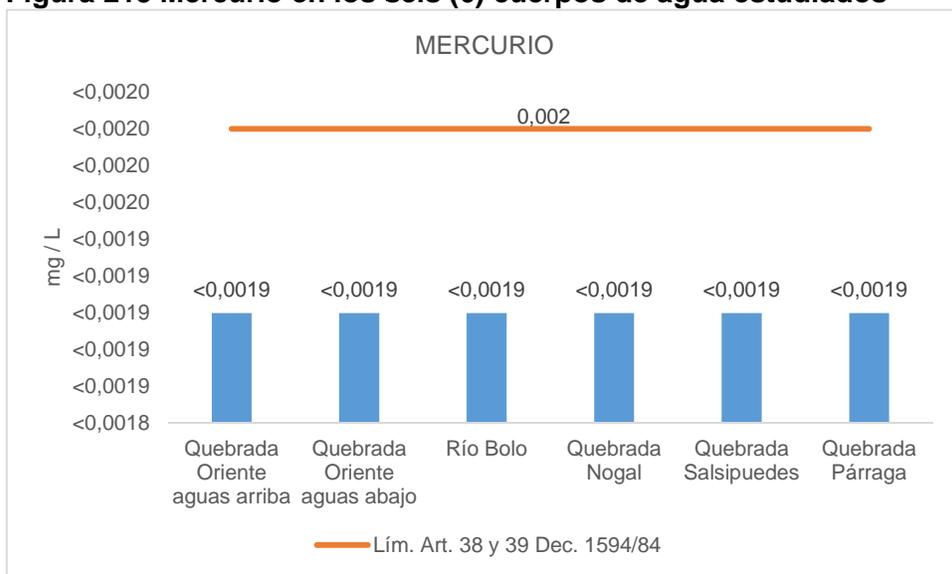
**Figura 214 Magnesio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Cuando el Mercurio está presente en agua de consumo de una u otra forma invade el cuerpo humano a través de los tejidos de la piel o ingestión de comida, preparada con dicha agua. Debilita progresivamente los músculos, pérdida de la visión, deteriora otras funciones cerebrales, genera parálisis eventual, estado de coma o muerte. En comparación con los Artículos 38, 39 y 41 del Decreto 1594 de 1984, ninguno de los cuerpos de agua estudiados superó los límites máximos, al no sobrepasar los 0,002 mg/L estipulados (Figura 215).

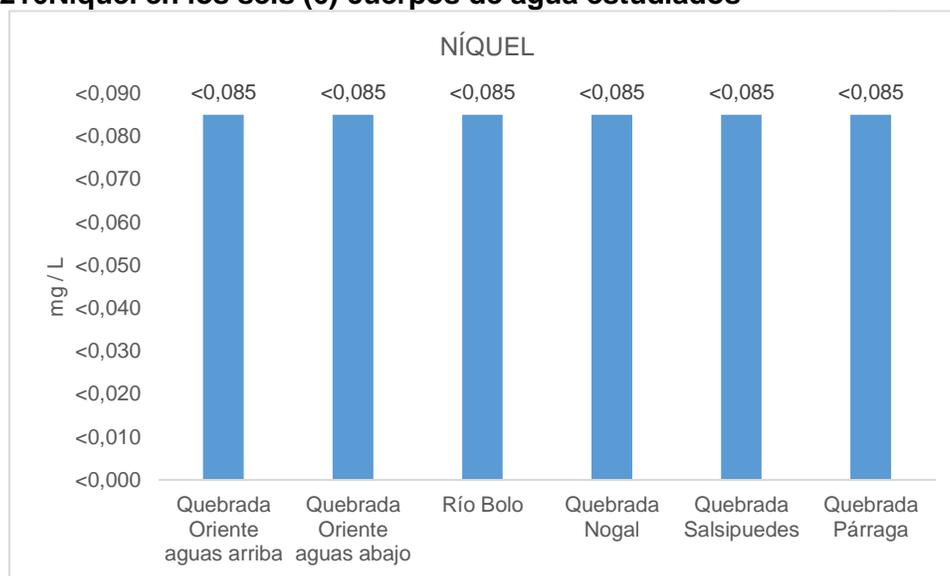
**Figura 215 Mercurio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El Níquel en bajas concentraciones es vital para el desarrollo de plantas y animales, pero en elevados valores causan problemas graves en la salud humana. Todos los cuerpos de agua presentaron menos 0,085 mg/L (Figura 216), cumpliendo con el Artículo 40 del Decreto 1594 de 1984, al no superar los 0,2 mg/L establecidos.

**Figura 216 Níquel en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**

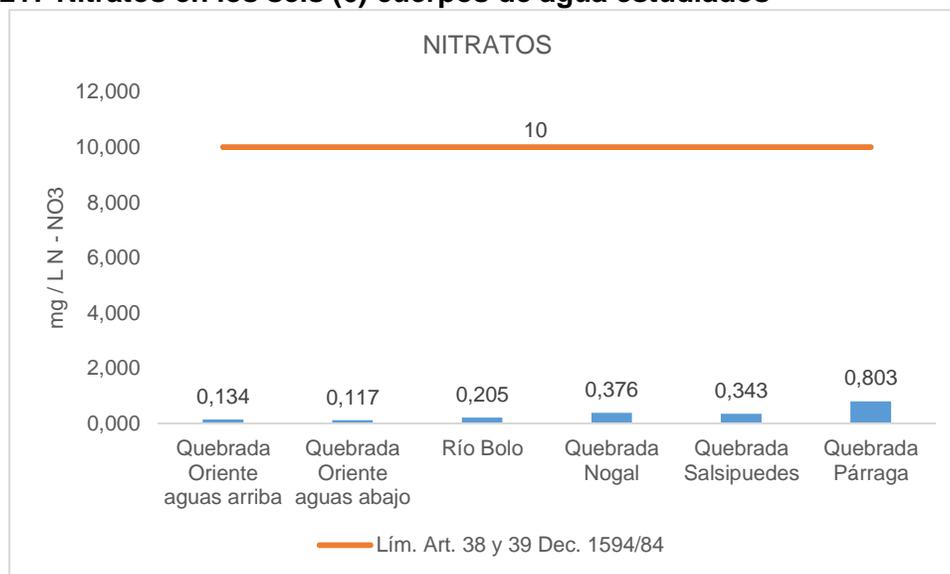


Fuente: C.I.M.A., 2014

Los Nitratos presentes en agua puede causar metahemoglobina (color azul de la piel) en lo infantes alimentados con leche preparada. La enfermedad es producida por reducción de los nitratos a nitritos dentro del sistema digestivo de estos niños. Presentaron valores

entre 0,117 y 0,803 mg/L N-NO<sub>3</sub> (Figura 217), cumpliendo con lo estipulado en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984.

**Figura 217 Nitratos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**

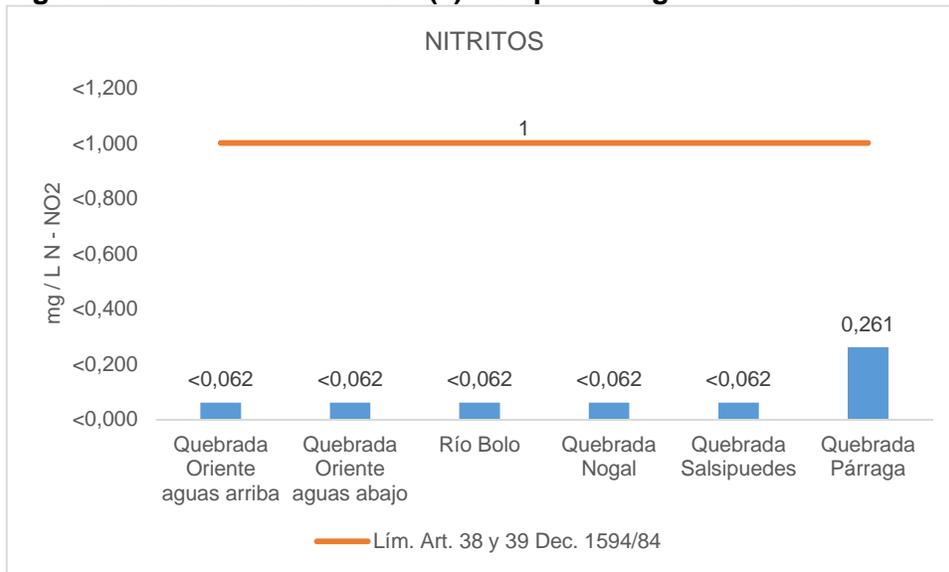


Fuente: C.I.M.A., 2014

En aguas superficiales crudas, las huellas de Nitrito indican contaminación, debido a que el nitrito es formador de ácido nitroso en solución ácida, cuya mezcla con aminas secundarias forma las nitroso-aminas (cancerígenas), por lo que se debe tener un cuidadoso control.

La mayoría de los cuerpos de agua presentaron concentraciones menores a 0,062 mg/L N-NO<sub>2</sub>, exceptuando la Quebrada Párraga que presentó 2,261 mg/L N-NO<sub>2</sub> (Figura 218), pero cumpliendo en su totalidad los puntos de muestreo con los Artículos 38, 39 y 41 del Decreto 1594 de 1984 para este parámetro.

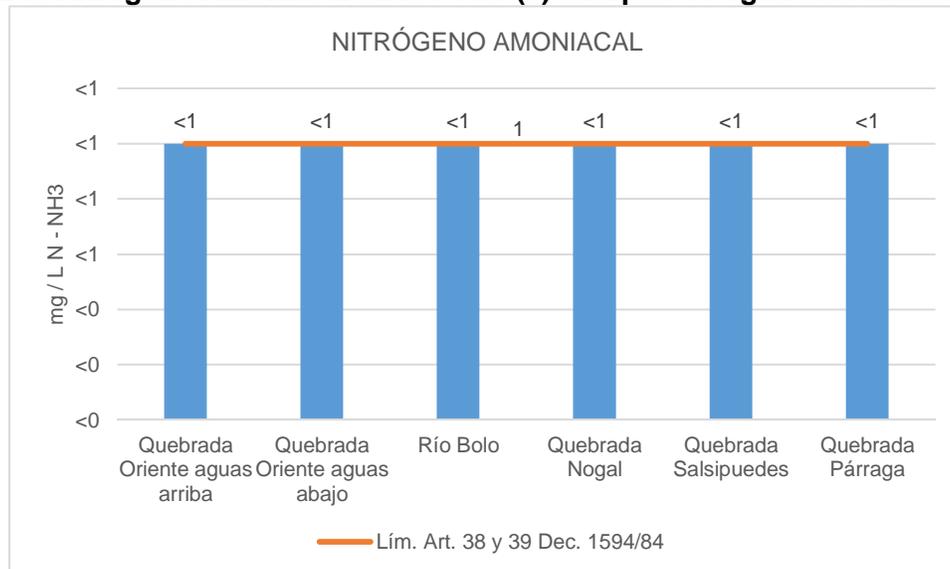
**Figura 218 Nitritos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

La descarga de Nitrógeno Amoniaco a los cuerpos de agua puede reducir sus niveles de oxígeno disuelto, en especial, cuando sus tiempos de residencia son altos. La presencia de Nitrógeno amoniacal y orgánico en aguas indica una reciente contaminación, por lo que ofrecen mayor peligro para la salud pública. Todas las estaciones de muestreo presentaron concentraciones menores a 1 mg/L N-NH<sub>3</sub> (Figura 219), cumpliendo con el límite máximo establecido de 1 mg/L N-NH<sub>3</sub> en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984.

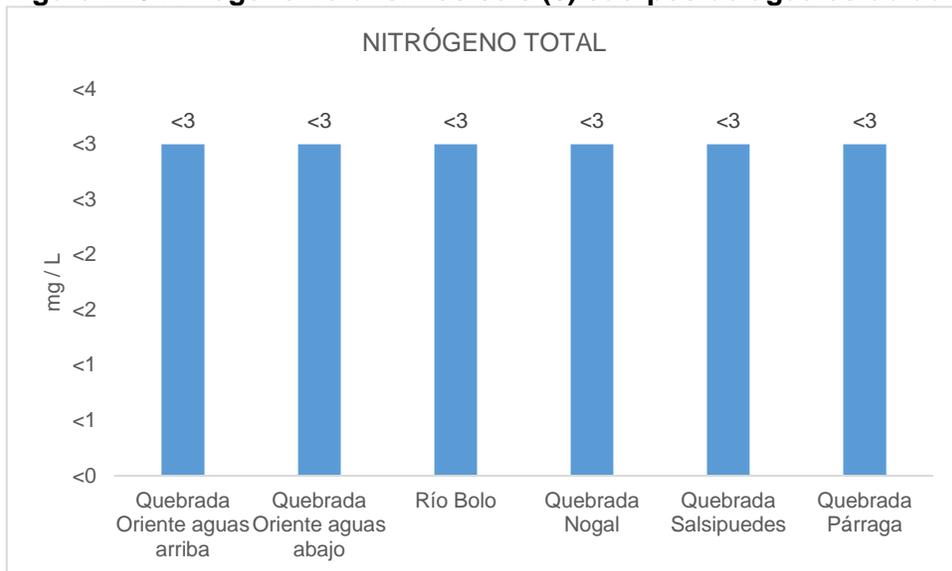
**Figura 219 Nitrógeno Amoniaco en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El Nitrógeno total fue menor a 3 mg/L en todas las estaciones de muestreo (Figura 220). Este parámetro no se encuentra estipulado dentro del Decreto 1594 de 1984.

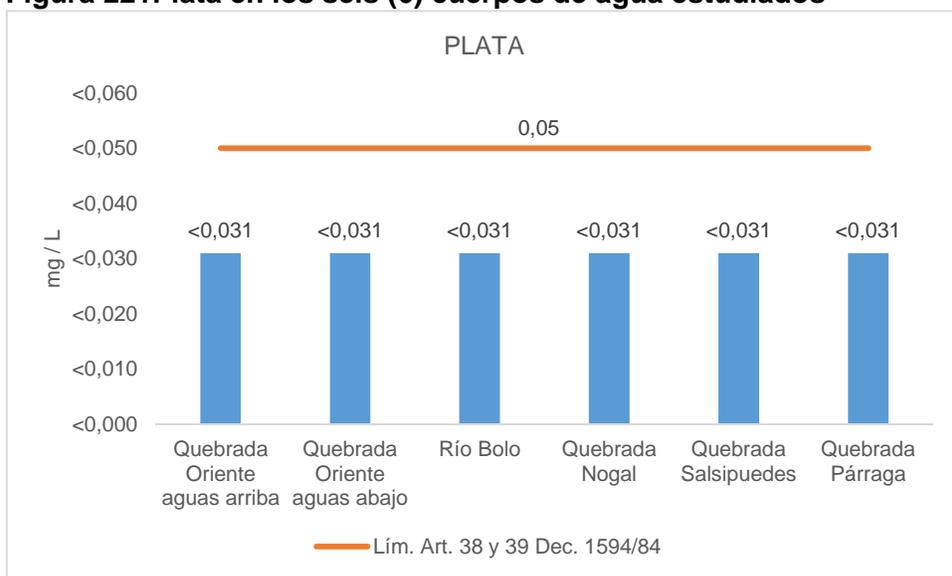
**Figura 220 Nitrógeno Total en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

En los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984 se encuentra estipulado como límite máximo para la Plata 0,05 mg/L, valor que no es superado en ninguno de los cuerpos de agua muestreados, debido a que todos presentaron una concentración menor a 0,031 mg/L (Figura 221).

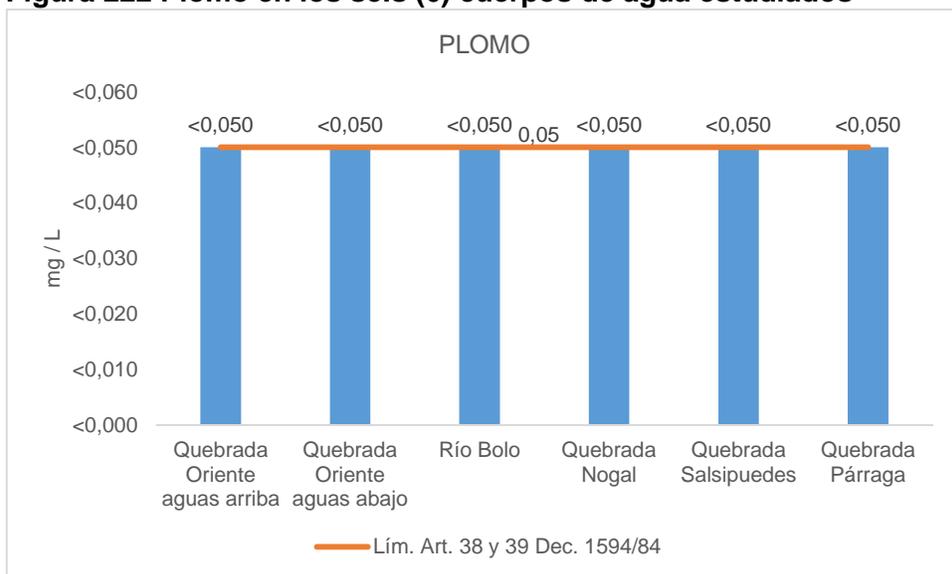
**Figura 221 Plata en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El Plomo es un compuesto tóxico acumulativo en el cuerpo humano. Produce una variedad de síntomas en los tejidos vulnerables. Cuando el agua está contaminada con sales de Plomo, se le forma a los peces una película mucosa coagulante, primero sobre las branquias y luego sobre todo el cuerpo, causándoles sofocación. En todos los puntos de muestreo su concentración fue menor a 0,050 mg/L (Figura 222), cumpliendo con lo plasmado en los Artículos 38 a 41 del Decreto 1594 de 1984.

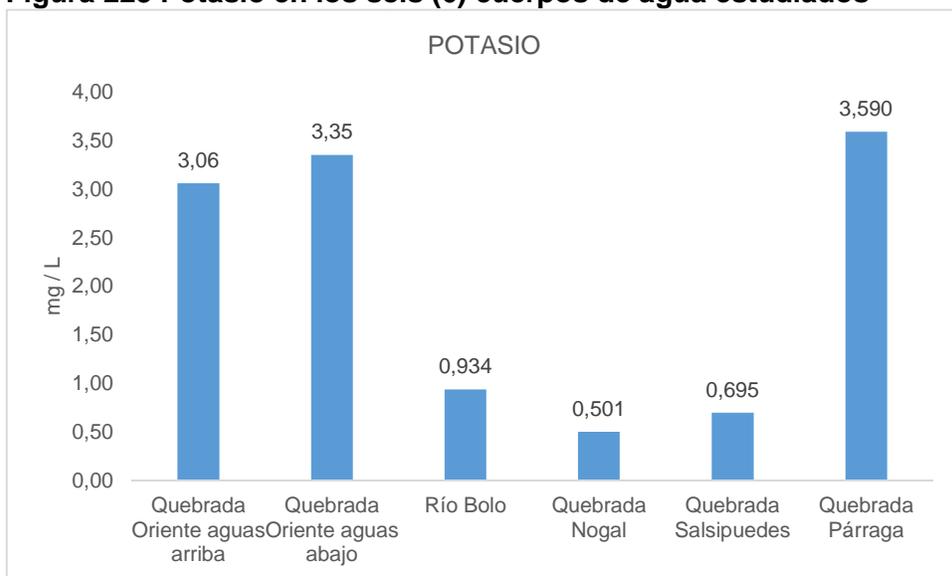
**Figura 222 Plomo en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El Potasio, presentó concentraciones entre 0,501 y 3,590 mg/L (Figura 223), cuyos valores si se comparan con el Artículo 41 del Decreto 1594 de 1984, ninguno de los cuerpos de agua está por debajo del límite establecido.

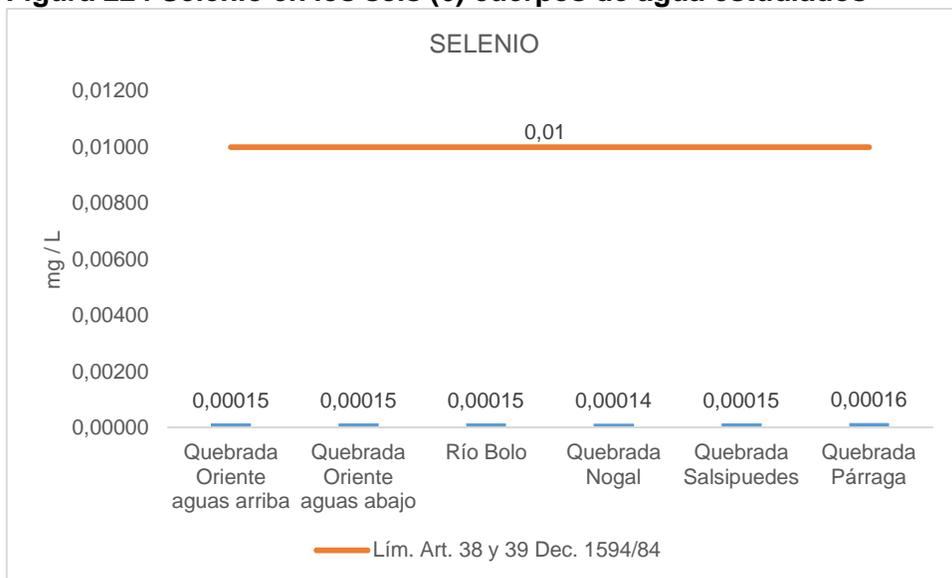
**Figura 223 Potasio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Las concentraciones de Selenio se encontraron entre 0,00014 y 0,00016 mg/L (Figura 224), que en su totalidad cumplen con lo estipulado en los Artículos 38 a 40 del Decreto 1594 de 1984, al no sobrepasar el límite de 0,01 mg/L.

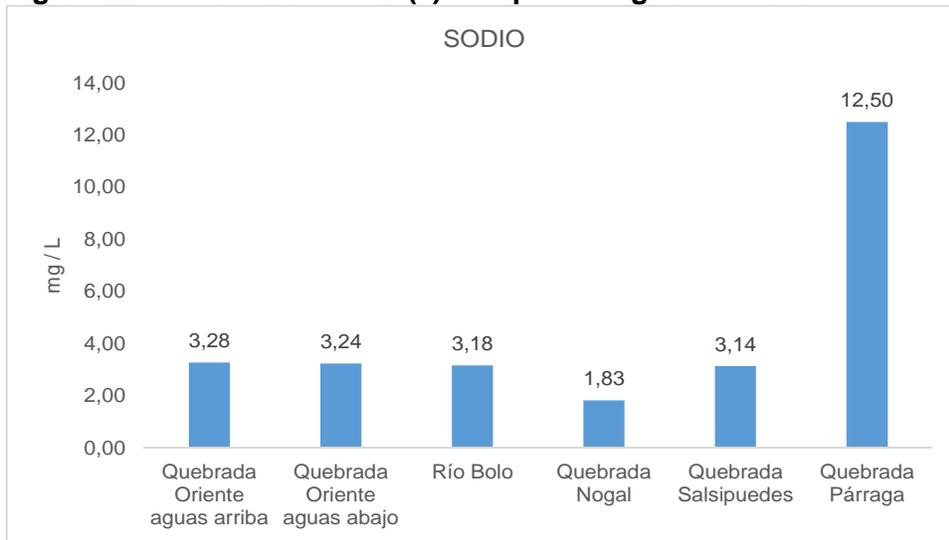
**Figura 224 Selenio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El Sodio se encontró entre 1,83 y 12,50 mg/L (Figura 225) en las estaciones de muestreo, que al ser comparados con el Artículo 40 del Decreto 1594 de 1984, ninguno cumple con lo establecido, al estar por encima de los 0,2 mg/L.

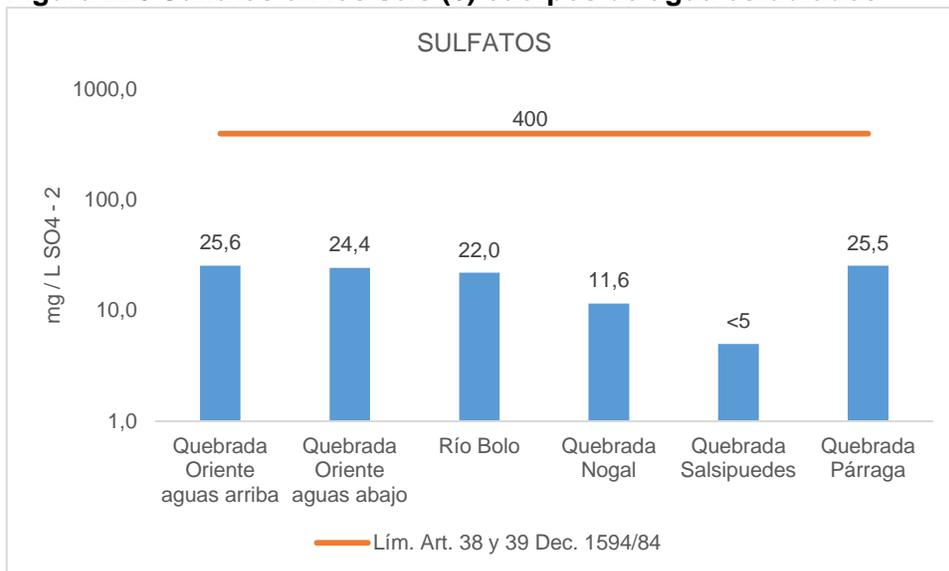
**Figura 225 Sodio en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Los Sulfatos, al mezclarse con iones de Calcio y Magnesio en aguas de consumo humano, producen un efecto laxante. En aguas residuales al entrar en contacto con el concreto inducen la formación de cristales de sulfato aluminato que originan una expansión del material que destruye su textura. Bajo la acción de bacterias anaerobias los reducen hasta la formación de Sulfuros, que luego en condiciones aeróbicas favorecen la formación de ácido sulfúrico, con los problemas de olor y corrosión asociados a estos compuestos. Este parámetro presentó concentraciones menores a 5 mg/L hasta 25,6 mg/L (Figura 226), cumpliendo con el límite establecido de 400 mg/L en los Artículos 38 y 39 del Decreto 1594 de 1984.

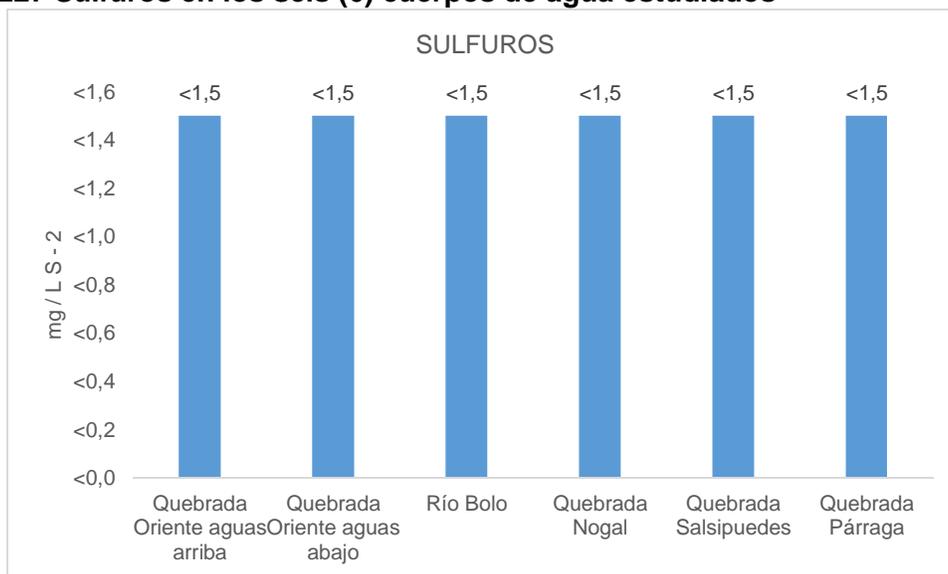
**Figura 226 Sulfatos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Los Sulfuros son grandes causantes de olores y disminución del pH. Es un estado intermedio de la reducción de los Sulfatos bajo condiciones anaeróbicas y bacterias sulfurosas. Atacan directamente los metales e indirectamente la corrosión de tuberías. Es tóxico para los peces y otros organismos acuáticos. Todos los cuerpos de agua estudiados presentaron concentraciones menores a  $1,5 \text{ mg/L S}^{-2}$  (Figura 227). Este parámetro no se encuentra estipulado dentro de la normatividad ambiental vigente.

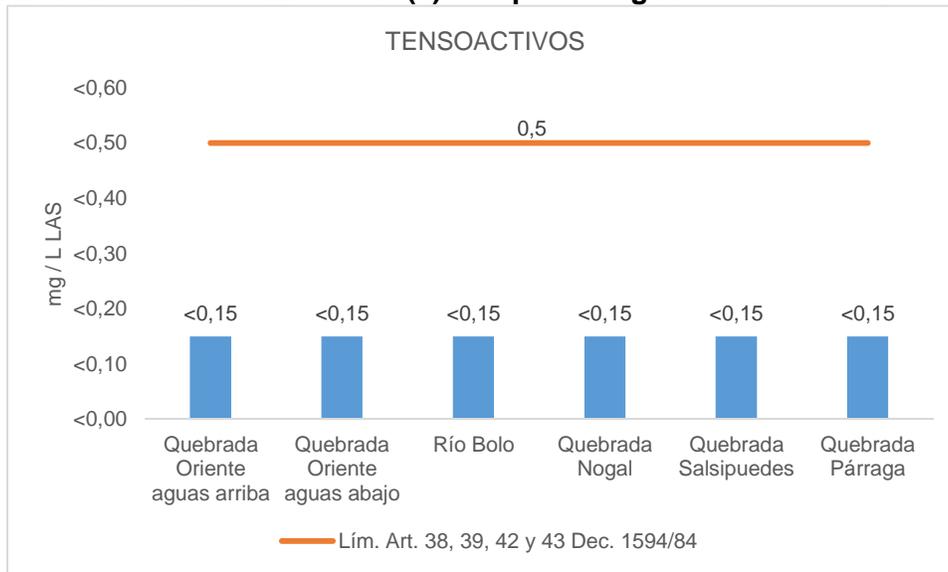
**Figura 227 Sulfuros en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Los Tensoactivos originan cambios significativos de reducción de la tensión superficial del agua, imposibilitando el intercambio adecuado del oxígeno gaseoso. Originan consumo del oxígeno disuelto por su componente orgánico e incrementan la concentración de fósforo total. Los Tensoactivos presentaron concentración menor a  $0,15 \text{ mg/L LAS}$  en todos los cuerpos de agua en donde fueron tomadas muestras (Figura 228), cumpliendo con lo dictado en los Artículos 38, 39, 41, 42 y 43 del Decreto 1594 de 1984.

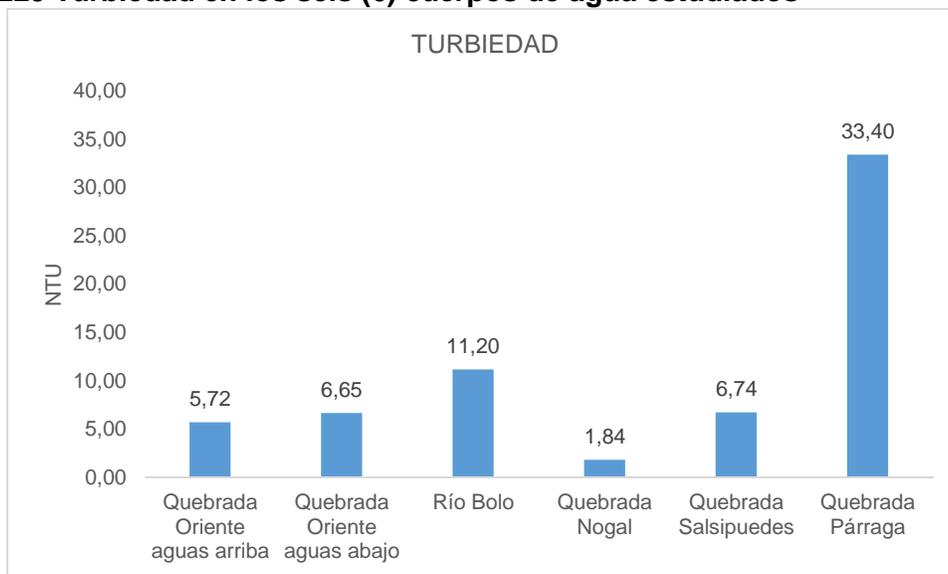
**Figura 228 Tensoactivos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

La presencia de Turbiedad disminuye la producción de oxígeno por fotosíntesis, restringe los usos del agua, indica deterioro estético del cuerpo de agua e interfiere en la desinfección. La mayoría de cuerpos de agua presentaron valores similares al estar entre 1,84 y 11,20 NTU, a diferencia de la Quebrada Párraga que presentó una mayor turbiedad con 33,40 NTU (Figura 229). Este parámetro no se encuentra contemplado dentro de la legislación ambiental vigente para cuerpos de agua superficiales.

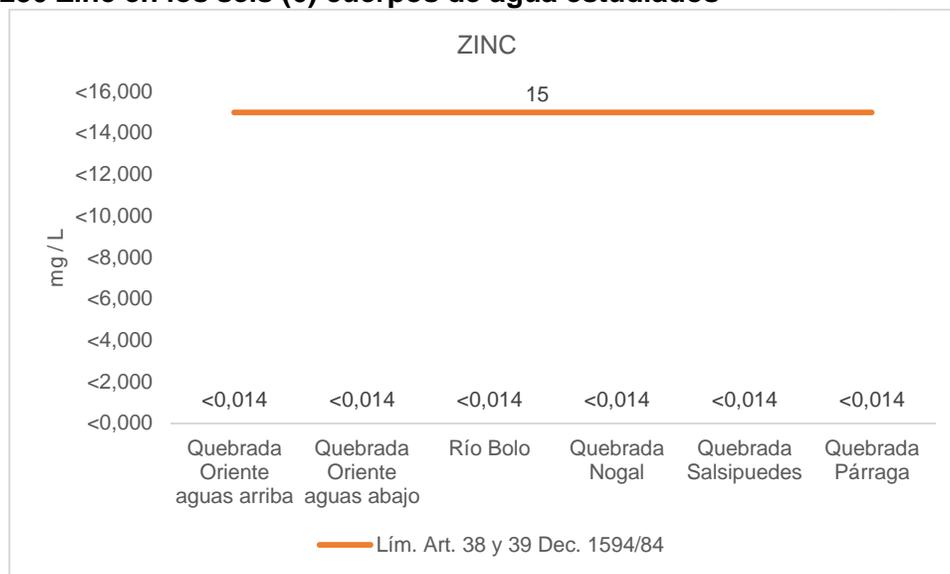
**Figura 229 Turbiedad en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

El Zinc es un elemento esencial para las plantas y animales, pero en elevadas concentraciones es tóxico para algunas especies de la vida acuática. En aguas alcalinas pueden originar opalescencia en concentraciones de 5 mg/L. Su presencia es un indicador de descargas contaminantes industriales. Todos los cuerpos de agua presentaron una concentración menor a 0,014, cumpliendo con lo estipulado en los Artículos 38 a 41 del Decreto 1594 de 1984.

**Figura 230 Zinc en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



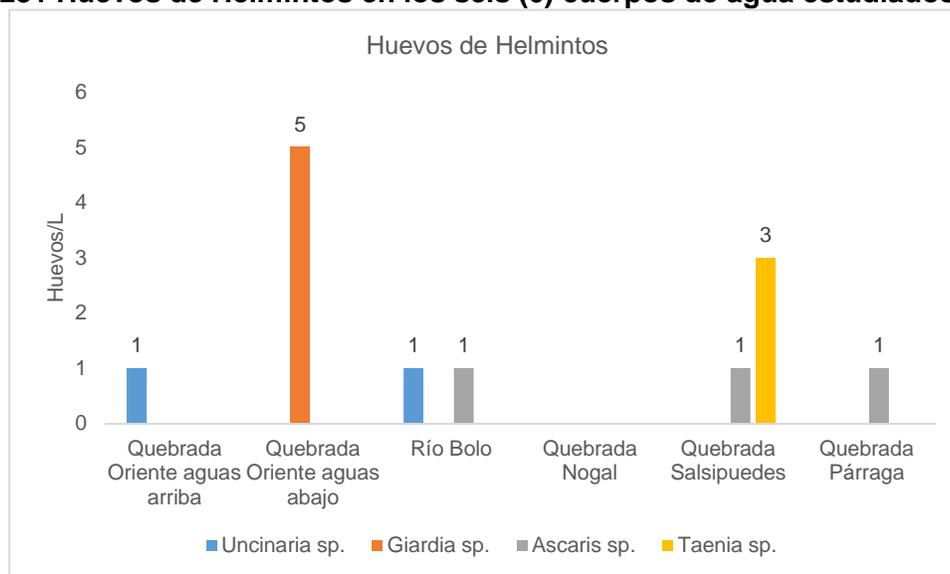
Fuente: C.I.M.A., 2014

### Huevos de Helmintos

En los seis cuerpos de agua estudiados, en donde se tomaron muestras y se analizaron en el laboratorio, se hallaron un total de cuatro (4) géneros de Huevos de Helmintos, los cuales se encuentran distribuidos en las estaciones de muestreo tal y como se muestra en la Figura 231.

La Quebrada Oriente aguas abajo fue el cuerpo de agua que presentó el mayor número de huevos con un total de cinco (5) huevos, todos correspondientes al género *Giardia sp.*; le sigue la Quebrada Salsipuedes con cuatro (4) huevos de los géneros *Taenia sp.* y *Ascaris sp.*; seguido está el río Bolo con dos (2) huevos de los géneros *Uncinaria sp.* y *Ascaris sp.*; luego encontramos la Quebrada Oriente aguas arriba con un (1) huevo del género *Uncinaria sp.*; la Quebrada Párraga igualmente con un (1) huevo del género *Ascaris sp.* y; finalmente tenemos la Quebrada Nogal que no presentó prevalencia de ningún huevo de Helmintos.

**Figura 231 Huevos de Helmintos en los seis (6) cuerpos de agua estudiados**



Fuente: C.I.M.A., 2014

Entre las características y efectos en el hombre y los animales de cada uno de los parásitos determinados en los cuerpos de agua estudiados tenemos:

**Taenia sp.** Parásito Platyhelminthe causal de la cisticercosis, enfermedad que compromete a humanos y cerdos especialmente a nivel del sistema nervioso central (SNC), el ciclo de vida de este parásito se desarrolla en el hombre, quien elimina proglotides grávidas y huevos, estos pueden ser el foco de infección vía oro-fecal para otras personas. En el intestino los huevos dan origen a embriones que penetran la pared intestinal, permitiéndoles migrar por el sistema circulatorio a otros órganos y en especial al SNC, donde se alojan viables por muchos años. Si la infección se da a cerdos, en estos se forman cisticercos en músculos y vísceras, al ser ingerida la carne del animal contaminado por el ser humano, se da origen a la tenianis intestinal. Los huevos del parásito se caracterizan por ser redondos o ligeramente ovalados, con doble membrana gruesa, radiada que la da semejanza a una llanta, de color café y en su interior un embrión hexacanto u oncosfera.

**Ascaris sp.** Parásito nematelminto el cual posee una cáscara de capa media relativamente delgada, y a menudo una capa mamelonada externa escasa o inexistente. Estos huevos son producidos por hembras no apareadas. Su estructura interna consiste en una masa de gránulos desorganizados, altamente refringentes y de variados tamaños. Su desarrollo dependerá de las características de las condiciones ambientales. Si la temperatura, humedad, calidad de suelo y sombra son adecuados, se desarrollará en el interior del huevo una larva móvil, que muda al menos una vez, generando así un huevo larvado o infectante en el lapso habitual de tres (3) a cuatro (4) semanas.

**Giardia sp.** Es un parásito del tracto digestivo de mamíferos, puede producir una patología denominada giardiosis, giardiasis o lambliasis. Únicamente tiene un hospedador

(monoxeno), es cosmopolita y tiene dos formas de vida en su ciclo vital, Trofozoito y Quiste. El quiste presenta un tamaño en torno a 15  $\mu\text{m}$  de longitud y 10  $\mu\text{m}$  de ancho con una morfología ovalada. Posee cuatro núcleos que siempre aparecen dispuestos en alguno de los polos. No presenta flagelos aunque se pueden apreciar los axonemas flagelares (restos de los flagelos) y los cuerpos mediales duplicados con respecto al trofozoito. La pared es transparente y muy resistente tanto a factores físicos como químicos. El quiste es la forma vegetativa infectante y de resistencia. Alimentación por fagocitosis y pinocitosis del contenido intestinal a través de la superficie dorsal. Reproducción por división binaria longitudinal. Se reproduce tan rápido que en poco tiempo pueden formarse millones de parásitos. No presentan reproducción sexual.

**El *Necator americanus* y *Ancylostoma duodenale*, conocidos como uncinarias**, son nematodos comunes en países en desarrollo en zonas tropicales y subtropicales. Siendo una enfermedad tropical de importancia en salud pública que se presenta en cualquier grupo de edad, con mayor repercusión en niños y en el embarazo; asociándose a retardo en el crecimiento, disminución de peso y deficiencia de las funciones cognitivas. Estos son gusanos blanquecinos y cilíndricos que producen huevos indistinguibles entre sí; que tienen forma oval, una membrana y miden 60 x 45  $\mu\text{m}$ . La forma infectante son las larvas filariformes que pueden entrar por la piel causando eritema y prurito. Además algunas manifestaciones clínicas son migración larvaria a los pulmones ocasionando el Síndrome de Loeffler; parasitosis intestinal causando dolor abdominal, diarrea, melenas y enfermedades hematológicas como la anemia ferropénica severa y eosinofilia. Su identificación se realiza al observar huevos de uncinaria en exámenes coproparasitoscópicos.

### 3.2.5 Usos del agua

Mediante la información contenida en los Planes de Ordenamiento Territorial (EOTs, PBOTs, POTs), para los Municipios de Iquira, Teruel, Santa María, Planadas, Río Blanco (Las Mercedes), Pradera, Florida, Candelaria y Cali, se logró identificar que el uso dado al agua en las zonas corresponde al sector agrícola, pecuario para los municipios del área de influencia del proyecto. En un tercer reglón se identificó usos para generación eléctrica de viviendas rurales.

Con base en lo anterior y a la información recogida en campo se puede establecer que el uso de agua se centraliza en el sector agropecuario, es de anotar que tanto la zona Urbana como la Rural, se abastece para consumo doméstico de las aguas de quebradas y ríos que recorren los diferentes Municipios, de igual manera se identificó los problemas suscitados por la carencia de infraestructura para la distribución y tratamiento del agua para consumo humano siendo más evidente en el sector rural.

Cabe aclarar que en el Municipio de Pradera el inventario de usos de agua no fue realizado al 100% debido a la situación de orden público de la zona, toda vez que fue restringido el acceso a predios.

### 3.2.5.1 Usos de Agua Superficial

A partir de la revisión de información secundaria (POT, EOT y POMCAS), e información levantada en campo por el consultor, se puede realizar la siguiente caracterización sobre los usos del agua superficial en el área de estudio:

- **Tesalia**

La cabecera municipal de Tesalia toma el agua de las quebradas los Limones, la Venta y el Bombó. Los usos son de tipo doméstico y pecuario, en algunos casos para riego de cultivos. Los ríos importantes en la zona el río Páez y el río Magdalena, que constituye una de las principales fuentes y que son usadas para riego de los cultivos en el área.

#### Foto 262 Uso de agua para consumo pecuario a través de jagüey



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Íquira**

El territorio de Íquira pertenece a la Cuenca Alta del Río Magdalena y se divide entre las subcuencas de los Ríos Yaguará y sus microcuencas de los Ríos Íquira y Callejón Y la Subcuenca del Río Páez donde su principal afluente es el Río Negro.

La cabecera municipal de Íquira toma el agua de las quebradas La Grande e Ibirco, para abastecer los dos (2) sistemas de agua potable, para consumo doméstico.

Los usuarios de las quebradas que atraviesan el Municipio toman sus aguas para uso doméstico, pecuario y para riego de los cultivos. En el recorrido realizado en campo se pudo encontrar que el agua es captada de agua lluvia mediante estructuras como jagüey, las cuales son utilizadas para bebederos de ganado. Las veredas cuentan con acueductos veredales que a su vez toman el agua de las quebradas cercanas.

### Foto 263 Uso de jagüey para consumo pecuario



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Teruel**

El Municipio de Teruel pertenece a la Cuenca Alta del Río Magdalena y a la subcuenca del Río Yaguará sus principales Microcuencas son las del Río Pedernal, la del Río Iquira, ríos que son los más importantes de la región. La Subcuenca Río Baché, a ésta pertenece la Microcuenca del Río Tune. La otra Microcuenca es la del Río Símbola, que también nace en la Zona de Reserva del Parque Nevado del Huila. Este Río Símbola drena parte de las aguas de la zona glaciar del nevado del Huila. Pertenecen a esta subcuenca los Municipio de Teruel, La Plata, Íquira, Paez (Cauca).

El río Pedernal tiene como afluente principal la quebrada La María, de la cual el Municipio capta las aguas para la bocatoma del acueducto de Teruel. A su vez, el Pedernal es fuente principal del acueducto del Municipio de Yaguará. Además, el Río Pedernal es fuente de riego para el sector arrocero del Sur de Teruel en la Vereda La Cañada y en el sector Occidental de Yaguará. El caudal promedio anual del río se encuentra estimado en 3.2. m<sup>3</sup>/seg.

### Foto 264 Captación directa para consumo humano a través de manguera



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

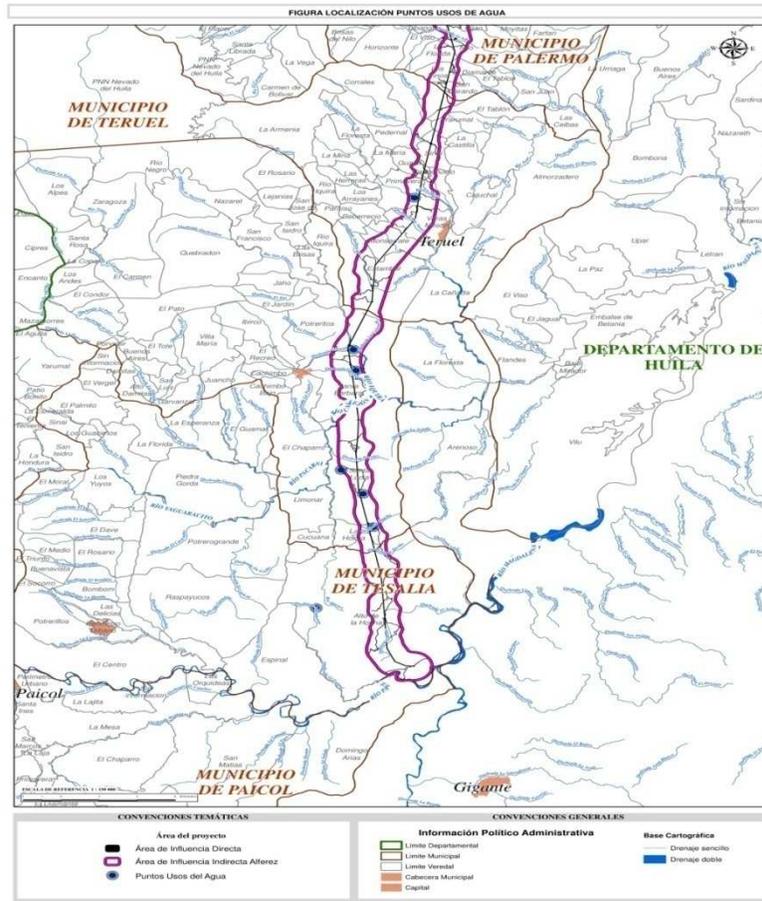
- **Palermo**

Palermo pertenece la Microcuenca del Río Tune sistema del cual nacen las quebradas las quebradas El Salto, San Isidro, El Cedro, El Rincón y El Nilo. El uso dado al agua en el Municipio corresponde a consumo doméstico, uso para riego de cultivos y pecuario.

El abastecimiento del acueducto del casco urbano de Palermo se hace de la quebrada la Guagua, esta captación se hace mediante una bocatoma lateral, el caudal promedio en la quebrada es de 200 L/s, se capta de este 40 L/s. Betania toma el agua para su acueducto por gravedad y su captación se hace por medio de una bocatoma de fondo y es de 2 l/s, de la quebrada la Jagua. En Ospina Pérez la captación se hace por medio de una presa en la quebrada el moral, en la vereda el moral, carece de desarenador, su conducción y distribución se hace a través de dos tuberías en paralelo de diámetro de dos pulgadas, abastece 95 viviendas. Existen 54 veredas en el Municipio, de las cuales 17 cuentan con acueducto.

En la Figura 1 se localizan los puntos de captaciones y usos de agua superficial, presentes en el área de estudio con base en la información recolectada en campo.

**Figura 232 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipios Tesalia, Iqira, Teruel y Palermo.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Santa María**

El acueducto Municipal del municipio de Santa María capta sus aguas de la quebrada El Oso, de acuerdo con la información del POT es insuficiente e inadecuado el sistema de provisión de agua apta para consumo humano en la zona urbana del Municipio de Santa María, constituyéndose el problema ambiental más grave de la cabecera Municipal, tanto por deficiencias en la cantidad, como por falta de calidad adecuada para el consumo humano.

En la zona rural del Municipio existen cinco (5) acueductos que están en servicio: San Joaquín, Sinaí - La Esperanza, El Encanto, Santa Helena y La María.

Hidrográficamente el municipio forma parte de la cuenca alta de los Ríos Baché y Saldaña, correspondiendo a la margen derecha del Río Magdalena, en la margen derecha del Río Atá (Cuenca alta del Río Saldaña) tiene como afluente dentro del Municipio de

Santa María a la quebrada San Pedro que drena sus aguas a Río Claro y este al Río Atá en el Departamento del Tolima.

Con respecto al uso doméstico del agua, durante el levantamiento de la información en campo se identificó que en las zonas rurales dentro del área de estudio en general, las captaciones de agua se realizan comúnmente a través de mangueras y sin ningún tipo de potabilización dentro o cercana a los predios.

**Foto 265 Captación directa para consumo humano a través de manguera sumergida**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Planadas**

El Municipio de planadas se abastece de agua para el acueducto municipal de la quebrada San Pablo con un Caudal 25,10 l/s. El Corregimiento de Gaitania se abastece del Río Ata con un Caudal 6,97 l/s. El Acueducto de Bilbao se abastece del Río Siquila con un caudal de 7,95 l/s. En su mayoría las veredas cuentan con acueductos que captan el agua de sus principales afluentes.

La red hidrográfica del municipio de Planadas, está comprendida por las cuencas de los ríos Saldaña y Atá. La cuenca del río Saldaña constituye un 26.23% del total del área, conformando la parte norte y entre sus subcuencas principales está la del río Bravo, quebrada Los Angeles, río Candelario y río Siquila. La cuenca del río Atá que constituye un 73.77% del área, está conformada principalmente por las subcuencas de los ríos Támara, Guayabo, San Miguel, Claros y las quebradas El Bosque, Aguas Blancas, el Quebradón, Montalvo y San Pablo.

Los principales usos del agua en el Municipio de Planadas son de Consumo humano y uso doméstico de los habitantes del municipio, así uso agrícola y pecuario principalmente, porcicultura, avicultura y ganadería.

**Foto 266 Estructuras para abastecimiento de acueducto vereda, bocatoma de fondo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

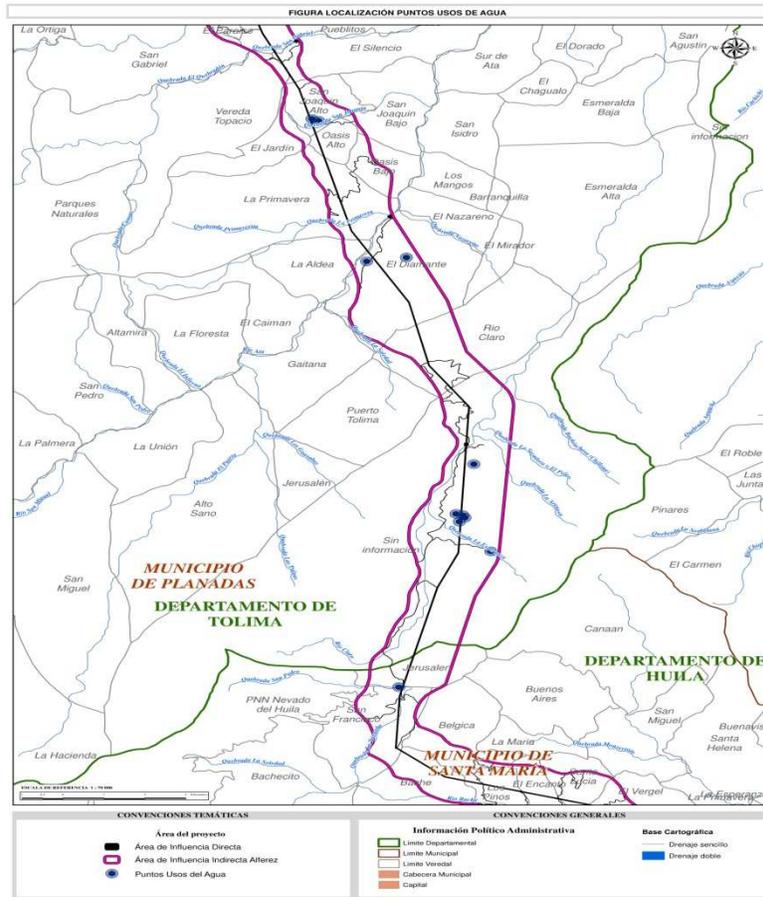
**Foto 267 Captación directa para consumo humano a través de manguera**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

En la Figura 2 se muestran la ubicación puntos de toma de agua superficial, identificados en el área de estudio con base en el inventario levantado en campo.

**Figura 233 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipios Santa María y Planadas.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

### • Río Blanco

Las quebradas El Quebradón y el Duda son la fuente de abastecimiento para el acueducto del municipio de Río Blanco. Las Aguas del Río Blanco son suministradas para uso agrícola y pecuario de su cuenca, receptor de las aguas residuales domesticas del municipio de Rio Blanco.

Las Aguas son utilizadas para varios usos así:

- Consumo humano y uso doméstico de los habitantes del municipio.
- Uso industrial para el cultivo de peces de varios proyectos piscícolas.
- Uso agrícola y pecuario principalmente, porcicultura y avicultura.
- Receptor de descargas de aguas residuales domesticas del municipio.
- Uso para generación de energía eléctrica.

**Foto 268 Captación directa para consumo Humano a través de manguera lateral.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Foto 269 Estructuras de captación para uso de proyectos piscícolas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

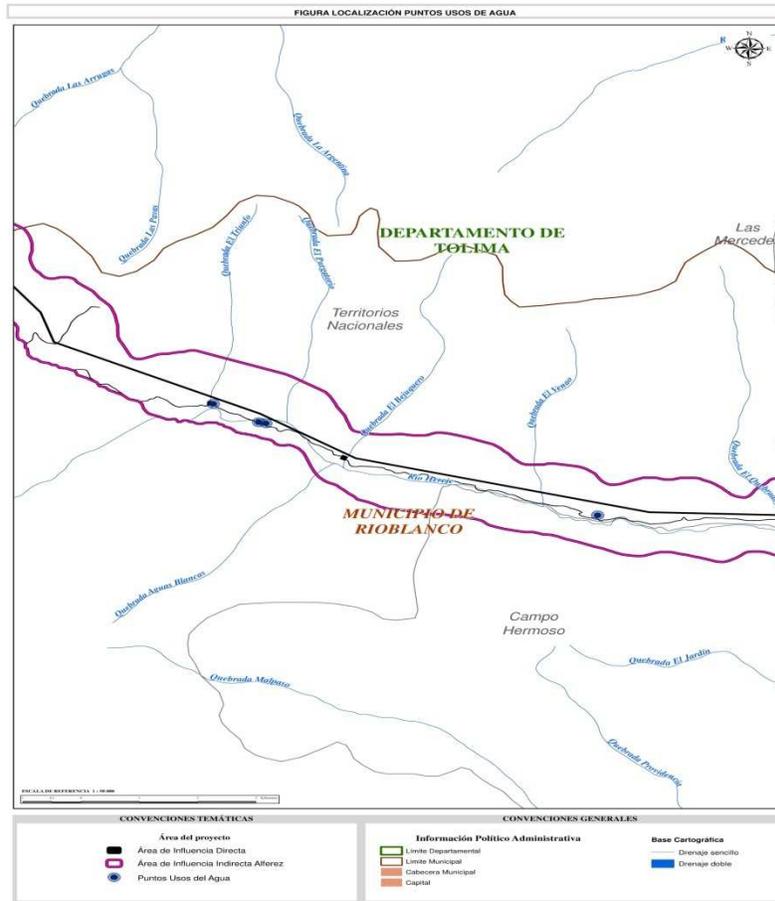
**Foto 270 Estructuras de captación para uso de generación de energía**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

En la Figura 3 se identifican la localización de los puntos de captación de agua superficial presentes en el área de estudio de acuerdo con el inventario realizado en campo.

**Figura 234 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipio de rio blanco.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Zona Resguardo Las Mercedes – Páramo Meridiano**

La identificación de los usos y usuarios del recurso hídrico en la zona del resguardo Las Mercedes, se llevó a cabo durante los días 30 de septiembre al 4 de octubre de 2013, se identificaron 12 captaciones cuyos usos principales y sus características se registraron.

- **Río Blanco**

En la zona del resguardo de las Mercedes se identificaron usuarios de las fuentes hídricas de la región las cuales son usadas para consumo humano, agrícola. Y pecuario

**Foto 10. Captación directa a través de manguera.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Foto 11. Captación directa a través de manguera.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Foto 12. Captación directa a través de manguera.**



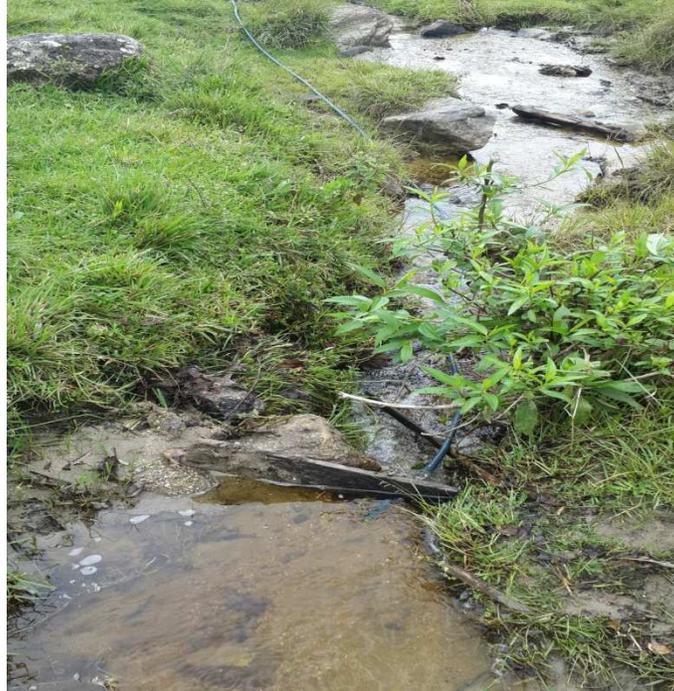
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Foto 13. Captación directa para consumo Humano en la Escuela**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Foto 14. Captación directa a través de manguera para el establo comunitario en el resguardo.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Foto 15. Captación directa a través de manguera.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Foto 16. Captación directa a través de manguera.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Foto 17. Captación a través de manguera.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Foto 18. Captación directa a través de manguera para el resguardo.**



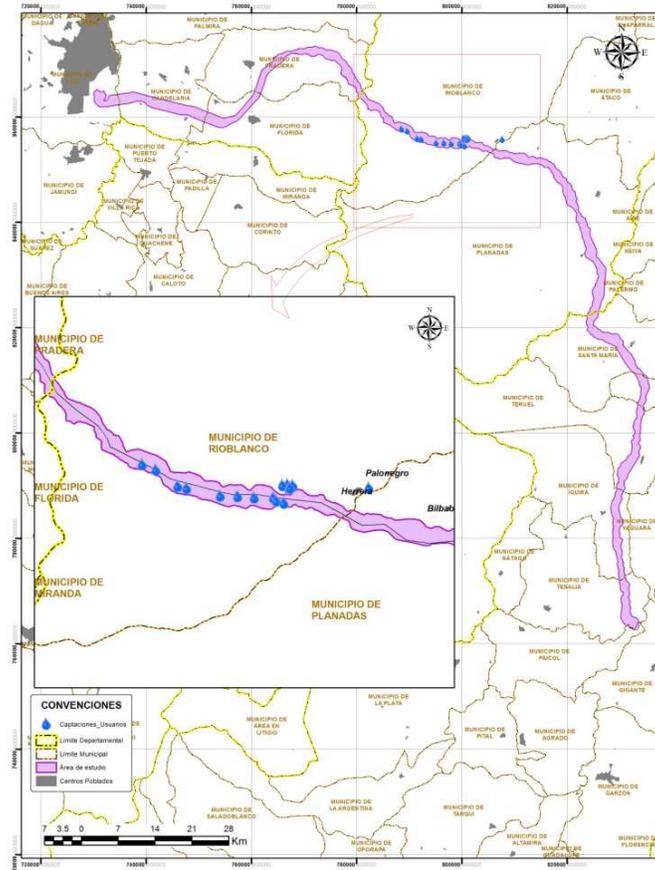
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013.

**Foto 19. Captación directa a través de estructura en concreto de captación.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013.

**Figura 235 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Resguardo Las Mercedes.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A.,

- **Pradera**

La principal fuente de abastecimiento de agua es el río Bolo que se forma de la confluencia del río Bolo Azul Bolo Azul y Bolo Blanco a ellos se van agregando sucesivamente varias quebradas menores e innumerables Acequias y Zanjones que discurren paralelos al Río Bolo cruzando el territorio en la zona plana.

La cuenca hidrográfica del río Bolo se localiza al sur-oriente del departamento del Valle del Cauca y comprende los municipios de Pradera, Palmira y Candelaria; su superficie total es de 436.8 km<sup>2</sup>, de la cual la mayor área corresponde al municipio de Pradera.

Las Aguas del Bolo son suministradas para uso agropecuario, avícolas, piscícolas y el cultivo de caña de azúcar, el río Bolo receptor de las aguas residuales domesticas de las cabeceras de los corregimientos que se encuentran dentro de la cuenca del Bolo, El municipio de Pradera vierte sus aguas servidas al Zanjón Tamboral. Eventualmente algunos ingenios han emprendido intentos de tratamiento de sus aguas servidas.

Las Aguas son utilizadas para varios usos así:

- a. Consumo humano y uso doméstico de los habitantes del municipio.
- b. Uso industrial para riego del cultivo de caña.
- c. Uso agrícola, pecuario, avícolas, y piscícolas.
- d. Receptor de descargas de aguas residuales domesticas del municipio.

**Foto 271 Estructuras de captación para consumo humano y pecuario en el nacimiento.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 272 Estructuras de captación para uso de cultivos a través de manguera en la quebrada Tamboral.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

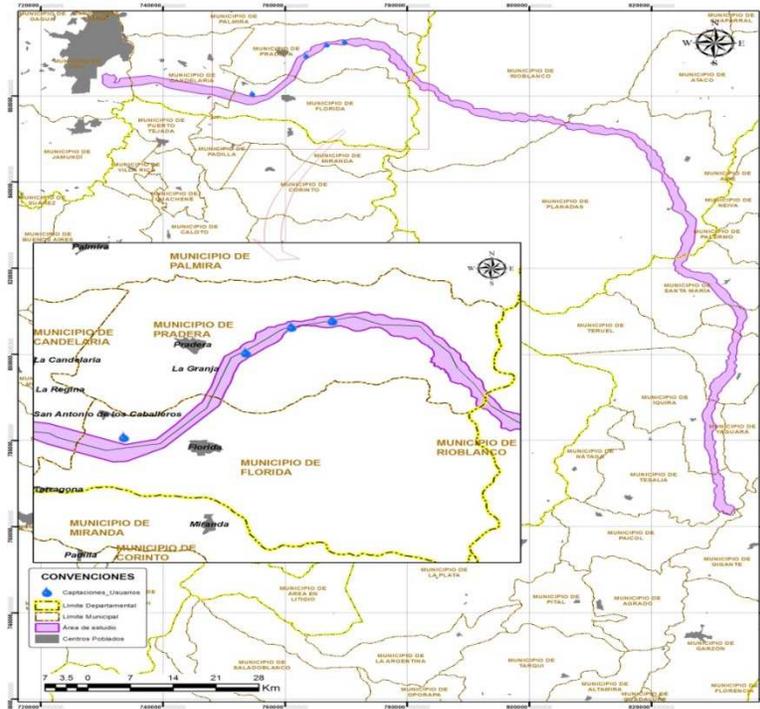
**Foto 273 Estructuras de captación para riego de cultivo de caña a través de reservorio.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 5. Se presenta la localización de los puntos de captaciones y usos de agua superficial presentes en el área de estudio de acuerdo con la información recolectada en campo.

**Figura 236 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipio de Pradera y Florida.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A.,

- **Florida**

Los usos del agua son de tipo doméstico y pecuario, en algunos casos para riego de cultivos. El municipio cuenta con dos cuencas la del río Fraile y la cuenca del río Desbaratado, que constituyen unas de las principales fuentes de abastecimiento para riego de La zona.

El acueducto Municipal de Florida se abastece de las aguas del río Fraile, la cual toma un caudal de 7213.27 l/s. El río Desbaratado es la fuente principal de abastecimiento del acueducto del municipio de Miranda.

En la cuenca del río Fraile, se evidenció que la calidad para consumo humano presenta algunos limitantes por vertimiento de aguas residuales y basuras a los cauces de nacimiento de quebradas y ríos, el río Fraile es afectado en gran magnitud, cuando atraviesa la cabecera municipal de Florida por aguas residuales.

**Foto 274 Estructuras de captación para riego de cultivos de caña**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

### Foto 275 Estructuras de captación para riego de cultivos de caña



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Candelaria**

El agua de los ríos en el municipio de Candelaria es usada para riego de cultivos, actividades agropecuarias e industriales. En general, todos los sistemas del municipio excepto el Poblado se abastecen de aguas subterráneas para uso doméstico.

El municipio de Candelaria dentro de sus límites presenta importantes ríos como son al norte el río Bolo, al Oriente el río Cauca y al Sur el río Desbaratado. Así pues, las principales fuentes superficiales que recorren el Municipio son los ríos Cauca, Bolo, Fraile, Párraga y Desbaratado. Además de una serie de quebradas, acequias y zanjones muy intervenidos por el proceso de desarrollo agroindustrial y de desarrollo urbanístico del Municipio.

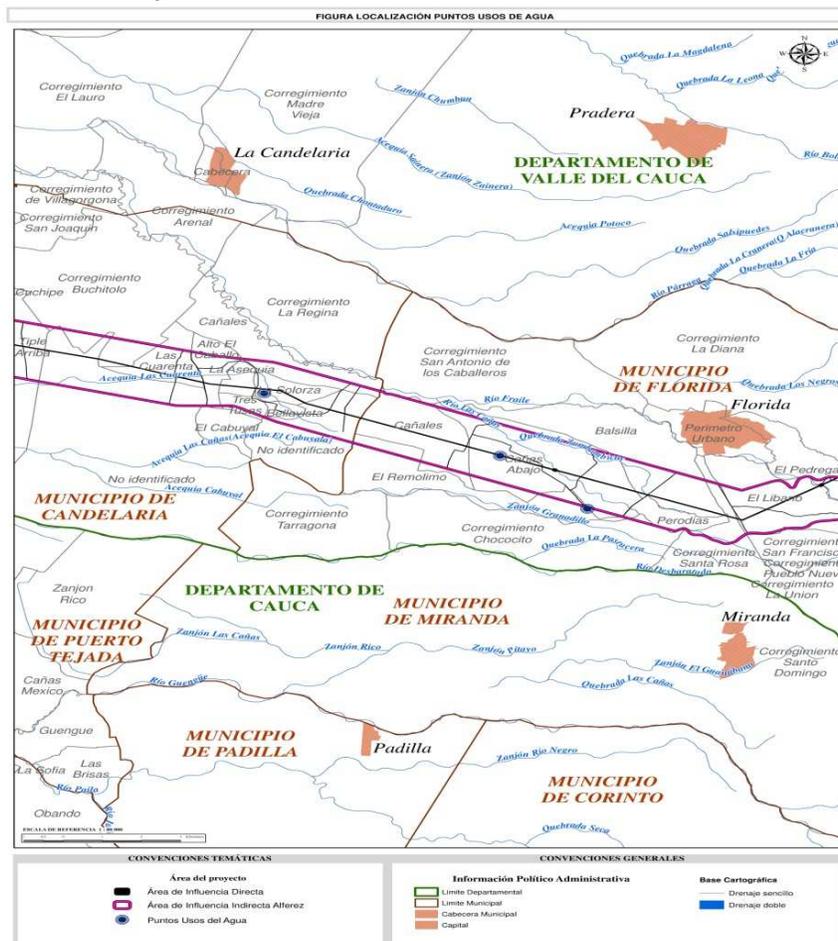
Los ríos que recorren el Municipio llegan contaminados a su territorio. El Fraile contaminado por las aguas servidas de Florida y por las descargas de las actividades agrícolas y agroindustriales de la zona planapresentes en la zona.

**Foto 276 Estructuras de captación para uso de riego de caña.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

**Figura 237 Localización de sitios de captaciones y usuarios de agua superficial Municipios de Florida y Candelaria.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.5.2 Inventario general de los usos del agua

El inventario de los usos y usuarios se realizó en tres etapas, la primera durante los días 15 de marzo de 2013 al 5 de abril de 2013 y la segunda, durante los días 26 de septiembre de 2013 al 3 de octubre de 2013 y la tercera etapa durante los días 05,06 y 07 de Junio de 2014. Los puntos identificados se relacionan en la (Tabla 184).

**Tabla 184 Inventario registrado en campo de los usos y usuarios del recurso hídrico en el área de influencia del proyecto**

Departamento	Municipio	Vereda	Corriente Hídrica	usuario	No. Usuarios	
HUILA	SANTA MARÍA	Jerusalen	Quebrada. San Pedro	Doris Stella Bobadilla	4	Consumo Agropecua
HUILA	TERUEL	Primavera	Quebrada El volador	NN	1	Consumo
HUILA	ÍQUIRA	Santa Barbara	Quebrada Grande	Duverney Cedeño	1	Agropecua
HUILA	ÍQUIRA	Santa Lucia	Quebrada La chorrera	NN	1	Agropecua
HUILA	ÍQUIRA	Santa Lucia	Quebrada Zajon de Abundio	Jose Rivas	5	Agropecua
TOLIMA	RIOBLANCO	Campo Hermoso	Arroyo La Holanda 1	Finca La Holanda 2	4	Consumo Agropecua
TOLIMA	PLANADAS	El Diamante	Quebrada Quebrada NN	Vereda el Diamante	90	Consumo
TOLIMA	PLANADAS	El Diamante	Quebrada Charco Azul	Ramiro Díaz	25	Recreación
TOLIMA	PLANADAS	Puerto Tolima	Quebrada La Estrella	NN	50	Cría Peces
TOLIMA	PLANADAS	Puerto Tolima	Quebrada NN	NN	20	Doméstico
TOLIMA	PLANADAS	Puerto Tolima	Quebrada NN	NN	200	Cría peces
TOLIMA	PLANADAS	Puerto Tolima	Quebrada NN	NN	200	Cría peces
TOLIMA	PLANADAS	Puerto Tolima	Quebrada NN	Vereda Río Claro	80	Consumo
TOLIMA	PLANADAS	Puerto Tolima	Quebrada La Esperanza	NN	80	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Quebrada La Holanda	Finca La Holanda 1	4	Consumo
TOLIMA	PLANADAS	San Joaquin Alto	Quebrada NN	NN	40	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada El Triunfo	Aurora Ramirez	4	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada El Purgatorio	Miller Ramirez	2	Piscícola Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada El Purgatorio	Domestico, Pscicola	2	Piscícola Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada Nacadero	Pompilio Lozano	1	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada El Triunfo	Misael Sabogal	2	Consumo

Departamento	Municipio	Vereda	Corriente Hídrica	usuario	No. Usuarios	
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada Purgatorio	Muller Ramirez - Asoseas	2	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada Albania 1	Familia Luis Tique	3	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada El Venao 1	Familia Cornelio Isaz	4	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada El Venao	Finca El Venao	3	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada Las Delicias	Finca Las Delicias	4	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada El Quebradón	Finca El Quebradón	4	Consumo
TOLIMA	RIO BLANCO	Territorios Nacionales	Quebrada La Honda	Finca El Edén	3	Consumo
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Arroyo El Ramal	Comunidad Indígena Las Mercedes	87	Consumo Agropecua
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Quebrada La Represa	10 familias del resguardo nindígena Las Mercedes	65	Consumo Agrícola
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Arroyo El Ramal	Escuela Comunal del Resguardo	35	Educativa
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Arroyo El Ramal	Familia de Claudia Troches	12	Consumo Agrícola
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Arroyo El Ramal	Familia de Daniel Dagua	9	Consumo Agrícola
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Arroyo El Ramal	Familia de Enilio Ipia	5	Consumo Agrícola
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Arroyo El Ramal	Familia de Hector Cesar Quitumbo	7	Consumo Agrícola
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Arroyo El Ramal	Familia de Isai Noscue	4	Consumo Agrícola
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Arroyo El Ramal	Leonardo Fabio Quitumbo	6	Consumo Agrícola
TOLIMA	RIOBLANCO	Las Mercedes	Arroyo El Ramal	Familia de Leonel Medina	9	Consumo Agrícola
TOLIMA	RIOBLANCO	Los Guayabos	Arroyo El Ramal	Sede del Resguardo	50	Consumo
VALLE DEL CAUCA	PRADERA	Corregimiento el Retiro	Nacedero NN	Finca Laguna Angel Yustyc	5	Consumo
VALLE DEL CAUCA	PRADERA	Corregimiento La Carbonera	Quebrada Tamboral	NN	4	Consumo
VALLE DEL CAUCA	PRADERA	El Edén	Reservorio NN	Fincas Tablón y Barranco Ingenio	2	Riego culti
VALLE DEL CAUCA	FLORIDA	San Antonio	Río Frayle	Ingenio María Luisa	1	Riego culti

Consultoría Colombiana S.A.,



- **Usuarios registrados ante las corporaciones autónomas competentes**

Como parte del inventario realizado, también se tuvo en cuenta los permisos de captaciones otorgados por las corporaciones autónomas con jurisdicción en el área de estudio (CAM, CORTOLIMA, CVC), en la Tabla 185 se presentan los registros autorizados por las corporaciones autónomas.

**Tabla 185 Usuarios registrados en las corporaciones autónomas con jurisdicción en el área de estudio**

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
HUILA	Iquira	Quebradón	La Unión	Miller Castro Lavao	Nacimiento sin nombre - Cairo	2902	0,23	Consumo Doméstico
HUILA	Iquira	Potreros	La Luisa	Leonel Trujillo Trujillo	Quebrada El Apeto	3402	3,59	Consumo Doméstico
HUILA	Iquira	Potreros	Lote A # 1 Antes El Porvenir	Gonzalo Cerquera Galindo	Quebrada El Guineal	1913	5,60	Consumo Doméstico
HUILA	Iquira	Potreros	El Lote, El Guineal, El Chirca, Sinai	Olga Ramírez De Méndez - Aurelio Quintero Charry	Quebrada El Guineal	1747	7,04	Consumo Doméstico
HUILA	Iquira	La Hocha	El Mirador	Limbania Cabrera De Trujillo	Quebrada El Lindero o El Carbón	1307	0,41	Consumo Doméstico
HUILA	Iquira	Santa Barbara	Distrito Riego Santa Barbara	Asociación Usuarios Distrito Riego Santa Barbara	Quebrada Grande o Ibirco	1097	21,09	Consumo Doméstico
HUILA	Iquira	Santa Barbara	La Providencia	Niceforo Tamayo Sánchez	Quebrada Grande o Ibirco	16	7,00	Consumo Doméstico
HUILA	Iquira	Santa Barbara	El Emporio	Niceforo Tamayo Sánchez	Quebrada Grande o Ibirco	16	3,50	Consumo Doméstico
HUILA	Iquira	La Hocha	Sin Nombre Hoy La Murcielaga	Edgar Francisco Díaz Lasso Y Gabriela Medina Benítez	Quebrada La Calichosa	38	0,12	Consumo Doméstico

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
								stico
HUILA	Iquira	La Hocha	Santa Teresa	Diego Omar Muñoz Piedra hita Y Teresa Medina De Muñoz	Quebrada La Chorrera	506	3,96	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	San Gerardo	Acueducto Comunal Vda. San Gerardo	Municipio De Palermo - J. A. C. Vda. San Gerardo	Quebrada El Cedral - Naranja	1797	1,65	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	SIN LOCALIDAD	Acueducto Comunal	Junta Acción Comunal Vda. de Letrán	Quebrada El Chorro	593	0,58	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	El Vergel	Acueducto Comunal Vda. El Vergel	Municipio De Palermo - J. A. C. Vda. El Vergel	Quebrada La Gruta - Santa Rosalía - Directo	3034	0,58	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	SIN LOCALIDAD	Acueducto Municipal	Empresas Servicios Públicos de Palermo	Quebrada La Guagua - Directo	1157	40,00	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	La Palma	Antonio María Vargas Moreno	Quebrada Nilo - Directo	158	2,25	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	Santa Certurdís Peña	Deciderio Herrera Y Carmen Delia Peralta De Herrera	Quebrada Nilo - Directo	158	14,20	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	El Espinal	Jesús María Garzón	Quebrada Nilo - Directo	2959	25,20	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	Lote # 3 Hoy Los Mangos	José Patrocinio Pimentel Ibarra Y Luz	Quebrada Nilo - Directo	3401	2,03	Consumo

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
				Marina Sáenz Cardozo				Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	Los Mangos - Mesa De Nilo	Luz Elvia Martínez Cabrera	Quebrada Nilo - Directo	8	17,63	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	Los Micos Y Los Mangos	Ofelia Gómez de Rincón	Quebrada Nilo - Directo	2957	11,45	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	La Vega	Moisés Castañeda González	Quebrada Nilo - Directo	219	9,00	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	Lote # 2, La Peña, Armadillo - Montaña De Nilo	María Ignacia Moreno De Quintero	Quebrada Nilo - Directo	158	3,75	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	La Peña	Pedro Ignacio Dussan Minu	Quebrada Nilo - Directo	3964	4,24	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	Espinal, Lote Potrero De Abajo, Lote Que Hizo Parte De La Capilla-Lote B	Suc. Ortiz Coronado	Quebrada Nilo - Directo	3285	33,62	Consumo Doméstico
HUILA	Palermo	Nilo	Hoyos	Rubiela Polania De Bravo	Quebrada Nilo -	46	0,10	Consumo Doméstico
	Palermo	Brisas del Nilo	Red Vial	Consortio Multilago Ospina Pérez	Rio Tune - Directo	2191	0,12	Consumo Doméstico, Agrícola

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
HUILA	Palermo	San Francisco	Chapinero	Arturo Carrera Rojas	Rio Tune	1298	0,10	Consumo Doméstico
HUILA	Santa Maria	Jerusalén	La Vega	Juan Climaco Hurtado Aroca	Quebrada San Pedro	567	0,50	Consumo Doméstico
TOLIMA	Rio Blanco	Las Mercedes	El Venado	José Carmelo Castillo Murcia	Quebrada El Venado	B.14.3.6.2-061	2,50	Pecuario
TOLIMA	Rio Blanco	Las Mercedes		Municipio de Rioblanco	Quebrada El Quebradon	B.22.0.0.1-0	2,32	Consumo Doméstico
TOLIMA	Rio Blanco	Las Mercedes	El Silencio	Asociación de Truchas El Trin	Rio Hereje	B.22.22-074	4,21	Pecuario
TOLIMA	Planadas	Montalvo		Asoc. de Usuarios Acueducto Vda. Montalvo	NN1	B.0.0.0.2-051	1,46	Consumo Doméstico
TOLIMA	Planadas	Paraiso, Cumbre		Aso usuarios Acueducto Rural El Paraíso	Rio Ata	B.0.1,1487	6,94	Consumo Doméstico
TOLIMA	Planadas	Bilbao		Asociación Usuarios Acueducto Corregimiento Bilbao	Quebrada La Cristalina	B.22.9.0.3.205	5,78	Consumo Doméstico
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Rosa y Janeiro	V. Garcesy Cia. S. en C. Y CIA S. EN C. # 2	Rio Frayle		15.13	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Rosa y Janeiro	V. Garcesy Cia. S. en C. Y CIA S. EN C. # 1	Rio Frayle		36.81	Riego Caña
VALLE	Cande		El Paraje	García Nelly Méndez	Rio Frayle		27.01	Riego

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
DEL CAUCA	laria							Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Guayabo Negro	La Virginia S.A.	Rio Frayle		27.38	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Aurora	Álvaro José Saa Casafranco	Rio Frayle		4.81	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Aldea López	Álvaro José Saa Casafranco	Rio Frayle		5.92	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		El Eden	Virginia Garcés de Pérez	Rio Frayle		8.82	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Enterrios	Álvaro Bryon Jiménez	Rio Frayle		7.22	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Gorgona	Agropecuaria de Occidente S.A.	Rio Frayle		11.10	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Rosa y Janeiro	J.M Garces y Cia S en C.	Rio Frayle		12.22	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Chimborazo	Casasfranco de Saa Graciela	Rio Frayle		12.21	Avícola
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Virginia	La Virginia S.A.	Rio Frayle		19.98	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Palestina-Suerte	La Virginia S.A.	Rio Frayle		7.77	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		El Venteo y Suerte	La Virginia S.A.	Rio Frayle		17.39	Riego Caña
VALLE DEL	Candelaria		Hda Rio Fraile	Ingenio La Cabaña	Rio Frayle		37	Riego Caña

Departam ento	Munic ipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caud al L/s	Uso
CAUCA								
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Hda La industria	Ingenio La Cabaña	Rio Frayle		31.45	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Hda Rio Fraile	Ingenio La Cabaña	Rio Frayle		29.05	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Guaca	Fernando Paz Bautista	Rio Frayle		25.90	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Casa de Teja	Vélez Pardo Ltda.	Rio Frayle		14.10	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Casa de Teja	Restrepo Pardo y Cía.	Rio Frayle		22.2	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		San Francisco	Pontevedra y Cía.	Rio Frayle		8.44	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Paz	Pontevedra y Cía.	Rio Frayle		18.35	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Generala- 93	Domínguez Navia	Rio Frayle		55.10	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Generala-93A	Domínguez Navia	Rio Frayle		110.19	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		El trebol	Diego Antonio Domínguez	Rio Frayle		38.48	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		San Diego	Diego Antonio Domínguez	Rio Frayle		18.5	Riego Caña
VALLE DEL	Candelaria		San Jose	Bueno Gómez Hermanos S en C.S.	Rio Frayle		4.53	Riego Caña

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
CAUCA								
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Jordan	Bueno Gómez Hermanos S en C.S.	Rio Frayle		4.53	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Los Pinos	Bueno Gómez Hermanos S en C.S.	Rio Frayle		2.43	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Parraga	Margarita Rosa córdoba Chede	Rio Frayle		9.55	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Bugueña	Abrahan Dominguez y Cia	Rio Frayle		27.75	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		El Rincon	Abrahan Dominguez y Cia	Rio Frayle		22.94	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		La Irlanda	Jairo Caicedo Saldarriaga	Rio Frayle		7.40	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Sincerin, California, Esmeralda, Coloradas, Delicias, Alsacia y Pensilvania	Ingenio Mayaguez	Rio Frayle		175.8	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		El Arenal	Eduardo Cañon Bravo	Rio Frayle		18.87	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		El Recuerdo	Margarita Pulido	Rio Frayle		1.1	Frutales, Jardines
VALLE DEL CAUCA	Candelaria		Cimarrón	Uribe Córdoba y Cia	Rio Frayle		4.63	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Florida		La industria Melida	Melida Caldas Simmonds	Rio Frayle		5.16	Riego Caña

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
VALLE DEL CAUCA	Florida		Santa Helena	Gustavo Adolfo Cucalon	Rio Frayle		67.27	Frutales
VALLE DEL CAUCA	Florida		Sector Balsilla	Agropecuaria Balsilla	Rio Frayle		111	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Florida		San Rafael	Agropecuaria Balsilla	Rio Frayle		22.20	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Florida		La Tulia	Alfredo Anturi Rensa	Rio Frayle		1.11	Pecuario y riego
VALLE DEL CAUCA	Florida		La Pérgola II	Mery Perczek de Rosenberg	Rio Frayle		26.79	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Granjita	Rafael quintero	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	1.8	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Linda o Tierra Grata	Ovidio Takegami	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	6.6	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		El Socorro Mata	Oscar Matta Maya	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	8.3	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Hacienda La Italia	Olivia Takegami y Compañía.	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	32.8	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Padua	Dario rubio	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	1.9	Riego Platanillo
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Esperanza	Jorge Enrique Carvajal	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.7	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Balsora Rivera	Hda Balsora & Cia.	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	66.4	Riego Caña

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
VALLE DEL CAUCA	Pradera		María Antonia	Adriana Patricia Mejia Hoyos e Hijos	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	7.3	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		OLRM	Adriana Patricia Mejia Hoyos e Hijos	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	18.6	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		APM	Adriana Patricia Mejia Hoyos e Hijos	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	6.2	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Bolo-Duran Las Palmas	Herederos de José E. Romero	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	14.8	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Ceilán	José Asnorald Escandón	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	9.1	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Galicia Reyes	Hdros. José Phanor Reyes	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	21.2	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Patolandia	Echeverry Monsalve S en C	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	2.8	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Las Mercedes 2	Jose Arnulfo Betancourt	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	7.5	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Las Mercedes 1	Rebeca Molano de Pava	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	11.2	Riego Caña

Departam ento	Munic ipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caud al L/s	Uso
VALLE DEL CAUCA	Prade ra		Bolo california	Alejandro García	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	13.2	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Prade ra		La Palomera	El Canelo S.A	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	45.7	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Prade ra		El Rincón	El Canelo S.A	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	26.4	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Prade ra		Malagana	Francisco Uribe Azcarate	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	12	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Prade ra		El Palmar 1, El Palmar 2 y El Palmeto 1	Agromercol	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	85	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Prade ra		Yundecito	Hdros. Luis Carlos Varela	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	35.2	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Prade ra		El Recreo	Ricaute Tanaka e Hijos	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	50	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Prade ra		Lote Municipio de Pradera	Municipio de Pradera	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	47.5	Varios
VALLE DEL CAUCA	Prade ra		Subderivación 0101	Acueducto Lomitas	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	15	

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Ac. Sector El Recreo	JAC Sector El Recreo	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	3	Uso domestico
VALLE DEL CAUCA	Pradera		El Edén	Edilma Sánchez	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.7	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		El Higuerón	Adriano Díaz L y Cía. S.C.S.	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	2.7	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera	El Edén	El Tablón	Asociación Jorge Garcés Giraldo	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	125.3	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera	El Edén	El Barranco	Asociación Jorge Garcés Giraldo	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	49	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Julia	Ana Rosa Rodríguez	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	1.7	Riego Transit orio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Cima	Juan de Dios Sánchez	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.6	Riego Transit orio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Cima	Marcial Ceballos	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.6	Riego Transit orio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Cima	Rosalba Gómez Bravo	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.6	Riego Transit orio

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Cima	Dagoberto Guzmán	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.6	Riego Transitorio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Cima	María Josefa Parra de Estrada	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	1.1	Riego Transitorio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Cima	Mery Ruth Estrada	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	3.7	Riego Transitorio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Esperanza 1	Orlando Rangel	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.2	Riego Transitorio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Esperanza 2	Mariela Mamian	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.8	Riego Transitorio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Esperanza 3	Edilma Mamian	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.7	Riego Transitorio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Miravalle	Alberto Echeverry	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.8	Riego Transitorio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Miravalle	Alberto Echeverry	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.8	Riego Transitorio
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Bellavista	Herederos de Nicolas Velasco	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	2.5	Riego Transitorio

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Usuario	Cuerpo Agua	No. Resolución	Caudal L/s	Uso
VALLE DEL CAUCA	Pradera		La Estrella	Gloria Esperanza Gómez Valencia	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.2	Varios
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Cantaro hondo	Silma Arango de Quintero	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	2.8	Riego Caña
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Bellavista	Herederos de Nicolas Velasco	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	1.3	Riego Semestrales
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Campo Alegre	Atamar Arbelaez	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	1.3	Riego Semestrales
VALLE DEL CAUCA	Pradera		Villa Isabel	Reinaldo Carvajal	Río Bolo	Res. 0100No. 600-0652 de 2012	0.6	Riego Semestrales

Fuente: Corporación autónomas Regionales CVC, CORTOLIMA y CAM.

### 3.2.5.3 Usos de Agua Subsuperficial

De acuerdo con la información recopilada en campo se puede establecer que el uso del agua subsuperficial, en el área de influencia del proyecto, es para abrevaderos de ganado, cría de peces y para riego de cultivos. Distribuidos en tres reservorios en Tesalia e Iquira, para abrevaderos de ganado, dos reservorios para suministro de agua a cultivos piscícolas en el municipio de Planadas y dos reservorios localizados en el municipio de Florida usados para riego de cultivos de caña.

Estos cuerpos de agua lenticos corresponden a los sistemas denominados como jagüeyes ó reservorios dentro del área de estudio, los cuales representan geoformas de especial importancia desde el punto de vista ecológico de la región. En su mayoría de origen artificial, de tamaño menor a 1 Ha. En la Tabla 186 se encuentran dentro del área de influencia del proyecto

**Tabla 186 Resumen Cuerpos Lénticos Zona de influencia del proyecto**

Nombre	Coordenadas	
	Longitud	Latitud
Reservorio de Agua -1	-75.628411	2.498930
Reservorio de Agua-2	-75.616711	2.587505
Reservorio de Agua -3	-75.609655	2.651421
Reservorio de Agua -4	-75.643202	3.034635
Reservorio de Agua -5	-75.673645	3.152602
Reservorio de Agua -6	-76.263717	3.297865
Reservorio de Agua -7	-76.283513	3.319972
Reservorio de Agua -8	-76.205470	3.412070

Fuente: Consultoría Colombiana S.A.,

- **Reservorio de Agua -1**

Cuerpo de agua para uso pecuario como abrevadero de ganado, localizado en la vereda Alto de la Hocha, municipio Tesalia, departamento Huila, en las coordenadas geográficas, longitud -75.628411, latitud 2.49893 y altitud 885.5 m, con dimensiones 20 m de largo, 20 m de ancho y 0.8 m de profundidad. El material del fondo es fino, la vegetación de las orillas es escasa y es de tipo herbácea / pastizales.

**Foto 277 Reservorio de Agua -1.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Reservorio de Agua -2**

Reservorio de uso pecuario como abrevadero de ganado, de dimensiones 25 m de largo, 8 m de ancho y 1.0 m de profundidad, localizado en la vereda Santa Lucia, municipio Iquira, departamento Huila, en las coordenadas geográficas, longitud -75.616711, latitud 2.587505 y altitud 874.96 mEl material del fondo es fino, la vegetación de las orillas es escasa y es de tipo herbácea / pastizales.

**Foto 278 Reservorio de Agua -2.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Reservorio de Agua -3**

Jagüey identificado para uso pecuario como abrevadero de ganado, localizado en la vereda Santa Bárbara, municipio Iquira, departamento Huila, en las coordenadas geográficas, longitud -75.609655, latitud 2.651421 y altitud 782.09 m, sus dimensiones son 15 m de largo, 8 m de ancho y 0.5 m de profundidad. El material del fondo es fino, la vegetación de las orillas es escasa y es de tipo herbácea / pastizales.

**Foto 279 Reservorio de Agua -3.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Reservorio de Agua -4**

Cuerpo de agua para uso piscícola, conformado por tres reservorios grandes de 10 m de largo, 3 m de ancho y 1.5 m de profundidad y tres pequeños de 4m x 3 m x 1.5 m. Se encuentra localizado en la vereda Puerto Tolima, municipio Planadas, departamento Tolima, en las coordenadas geográficas, longitud -75.643202, latitud 3.034635 y altitud 2455.2 m. El material del fondo es fino, la vegetación de las orillas es escasa y es de tipo herbácea / pastizales.

**Foto 280 Reservorio de Agua -4.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Reservorio de Agua -5**

Reservorio de agua para uso piscícola de 8 m de largo, 4 m de ancho y 1.8 m de profundidad, localizado en la vereda San Joaquín Alto, municipio Planadas, departamento Tolima, en la coordenadas geográficas, longitud -75.673645, latitud 3.152602 y altitud 1880.7 m. El material del fondo es fino, la vegetación de las orillas es escasa y es de tipo herbácea / pastizales.

**Foto 281 Reservorio de Agua - 5.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Reservorio de Agua -6**

Reservorio de agua para uso agrícola de cultivo de caña de 70 m de largo, 50 m de ancho y 5.0 m de profundidad. El agua proviene de lluvias y de canales que transportan el agua del río Fraile. Se encuentra localizado en el corregimiento Remolino, municipio Florida, departamento Valle del Cauca en las coordenadas geográficas, longitud -76.263717, latitud 3.297865 y altitud 1053.6 m. El material del fondo es fino, la vegetación de las orillas es escasa y es de tipo herbácea / pastizales.

**Foto 282 Reservorio de Agua - 6.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Reservorio de Agua -7**

Reservorio de agua anteriormente utilizado para uso agrícola de cultivo de caña. En la actualidad se encuentra abandonado y por tanto, eutroficado, localizado en el corregimiento Remolino, municipio Florida, departamento Valle del Cauca en las coordenadas geográficas, longitud -76.283513, latitud 3.319972 y altitud 1028 m. Las dimensiones son 70 m de largo, 30 m de ancho y 2.50 m de profundidad. El agua proviene de lluvias. El material del fondo es fino, la vegetación de las orillas es escasa y es de tipo herbácea / pastizales.

**Foto 283 Reservoirio de Agua - 7.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2013

- **Reservoirio de Agua -8**

Reservoirio de agua utilizado para uso agrícola de cultivo de caña para las Fincas El Tablón y Barranco. Localizado en la vereda El Edén, municipio Pradera, departamento Valle del Cauca en la coordenadas geográficas, longitud -76.205470, latitud 3.412090. Las dimensiones son 150 m de largo, 100 m de ancho y 5 m de profundidad. El agua proviene de una desviación del Río Bolo y de aguas lluvias. El material del fondo es fino, la vegetación de las orillas es abundante y es de tipo herbácea / pastizales.

**Foto 284 Reservoirio de Agua - 8.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.5.4 Conflicto de Usos del agua

Con relación al uso doméstico, en la mayoría de esquemas de ordenamiento territorial se mencionan problemáticas recurrentes respecto a la infraestructura de distribución y tratamiento de agua para consumo humano, en las áreas rurales. Entre ellas se identifican la falta de obras de distribución y tratamiento adecuadas, o en algunos casos la carencia total de estas. Así mismo, en las zonas rurales, el tratamiento de las aguas residuales es mínimo, contando en algunos casos con pozos sépticos o vertimientos directos a las corrientes de agua. De la misma se habla de la disminución de los caudales en la época de estiaje en la gran mayoría de las microcuencas abastecedoras de los acueductos rurales y urbanos, además de la contaminación de las corrientes superficiales por vertimientos de aguas domiciliarias, industriales, agroindustriales y municipales.

El uso inadecuado del suelo con prácticas como las quemadas, rocería y tala indiscriminada de bosques para el cambio de áreas forestales a áreas ganaderas y agrícolas y mal manejo de las aguas, ocasiona una mayor desprotección del suelo reduciendo la cobertura cerca a las márgenes de quebradas y ríos disminuyendo el nivel de retención de agua. En la Tabla 187 se describe los conflictos en el uso de agua así como la disponibilidad del recurso.

**Tabla 187 Usos del agua en el Área de Influencia del proyecto**

Departamento	Municipio	Conflictos en el uso y la disponibilidad
Valle del Cauca	Santiago de Cali	La cantidad de recurso hídrico en los períodos críticos del Municipio se ve afectada por la pérdida de cobertura vegetal y de uso ineficiente del agua para consumo humano, industrial y agrícola. El problema principal del recurso hídrico de la ciudad es su acelerada contaminación, en cambio, en el área rural existen limitaciones en cuanto a la cantidad del agua para abastecimiento.
Valle del Cauca	Candelaria	En época de invierno se presenta en los centros poblados problemas de inundación ya que el municipio posee unas condiciones de planicie y por allí pasan cuatro ríos de oriente a occidente. Así mismo se presentan problemas de contaminación de los cuerpos de agua por vertimientos de aguas residuales.
Valle del Cauca	Florida	En el río frayle se presentan crecientes en algunos meses lo que hace que las obras de captación presenten daños por lo cual se realizan obra de derivación provisionales. Se presentan problemas entre los usuarios para riego en épocas de anomalías climáticas por lo cual se establecen turnos para realizar el riego de los cultivos con agua del río frayle.
Valle del Cauca	Pradera	Las cabeceras de los corregimientos asentados en la cuenca de Bolo y algunos asentamientos dispersos, vierten sus aguas servidas al río Contribuyendo a su degradación. Las industrias establecidas principalmente en el área plana del municipio, ingenios, avícolas, y piscícolas, generan también un volumen importante de aguas residuales industriales las cuales son dispuestas a través de cuerpos superficiales tales como acequias y zanjones.
Huila	Íquira	Se presenta erosión activa por la deforestación para uso del suelo para ganadería y siembra de cultivos ilícitos sobre las estribaciones del nevado del Huila. Se presentan también problemas de contaminación por vertimientos de aguas residuales sobre los ríos y quebradas de la zona.
Huila	Palermo	Existe contaminación de los cuerpos del agua por vertimientos de aguas residuales de marraneras, galpones de pollos y despulpadoras de café. Además de los altos procesos de deforestación en las partes altas de las microcuentas, y algunas zonas se realiza explotación de mármol en el caso del río Yaya lo cual se hace sin tener ningún control. También se vienen

Departamento	Municipio	Conflictos en el uso y la disponibilidad
		presentando el aumento de la frontera agrícola lo cual está amenazando estas zonas de reserva debido a que los cultivos lícitos son menores que los cultivos ilícitos.
Tolima	Planadas	Contaminación de los cauces de los ríos por vertimientos de aguas residuales de los centros poblados
Tolima	Río Blanco	Existe contaminación por el uso de plaguicidas en cercanía a las fuentes abastecedoras de los acueductos de las veredas y los municipios.
Huila	Santa María	Contaminación de los cauces de los ríos por vertimientos de aguas residuales de los centros poblados
Huila	Teruel	La calidad del recurso hídrico es deficiente para el consumo humano por que la quebrada la María y el río Pedernal se ven afectados por los beneficiaderos de café y las aguas residuales de los habitantes. Así mismo se presentan problemas de disponibilidad de agua en el municipio en la época de verano.

Fuente: EOTS, PBOTs, POTs de los Municipios.

Con relación al tratamiento de agua residual que se genera en los municipios, es notorio que en la mayor parte de los municipios del área de estudio no se realiza ningún tipo de tratamiento, se realiza es vertimientos a los cuerpos de agua cercanos a los municipios, generando problemática de contaminación aguas arriba de las bocatomas de los acueductos de los municipios. En la Tabla 188 se puede observar si cada uno de los municipios del área de estudio cuenta con algún tipo de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 188 Tipo de tratamiento de las aguas residuales municipales**

Departamento	Municipio	Sistema de Aguas Residuales		Observaciones
		SI	NO	
Valle del Cauca	Santiago de Cali	X		
Valle del Cauca	Candelaria		X	
Valle del Cauca	Florida		X	
Valle del Cauca	Pradera		X	
Huila	Iquira		X	
Huila	Palermo		X	
Huila	Santa María	X		Cuenta con un tanque sedimentador, tanque de maduración , clarificación y filtro biológico
Huila	Teruel		X	
Tolima	Río Blanco		X	
Tolima	Planadas		X	

Fuente: EOTS, PBOTs, POTs de los Municipios.

En cuanto a los conflictos potenciales por uso del agua, no es factible que se llegasen a presentar, debido a que los consumos estimados para el proyecto son bajos y se encuentran desagregados a lo largo de cada trazado.

### 3.2.5.5 Fuentes de abastecimiento de agua para el proyecto

Las actividades a desarrollar durante las etapas de construcción y operación del Proyecto requieren del recurso hídrico, tanto para el uso industrial como para el uso doméstico. La EEB contempla la obtención del recurso hídrico a través de la captación en franjas sobre fuentes hídricas superficiales, para la etapa de obras civiles en un caudal de 0,033 L/s para las Líneas de Transmisión; 0,15 L/s para humectación de vías de acceso en afirmado, y para campamentos 0.37L/s a ser usadas por el Proyecto.

A continuación se listan las fuentes hídricas superficiales sobre la cuales se hará captación, sin embargo esta información se detalla en el capítulo 4 Demanda de Recursos Naturales

**Tabla 189 Fuentes hídricas superficiales para captación**

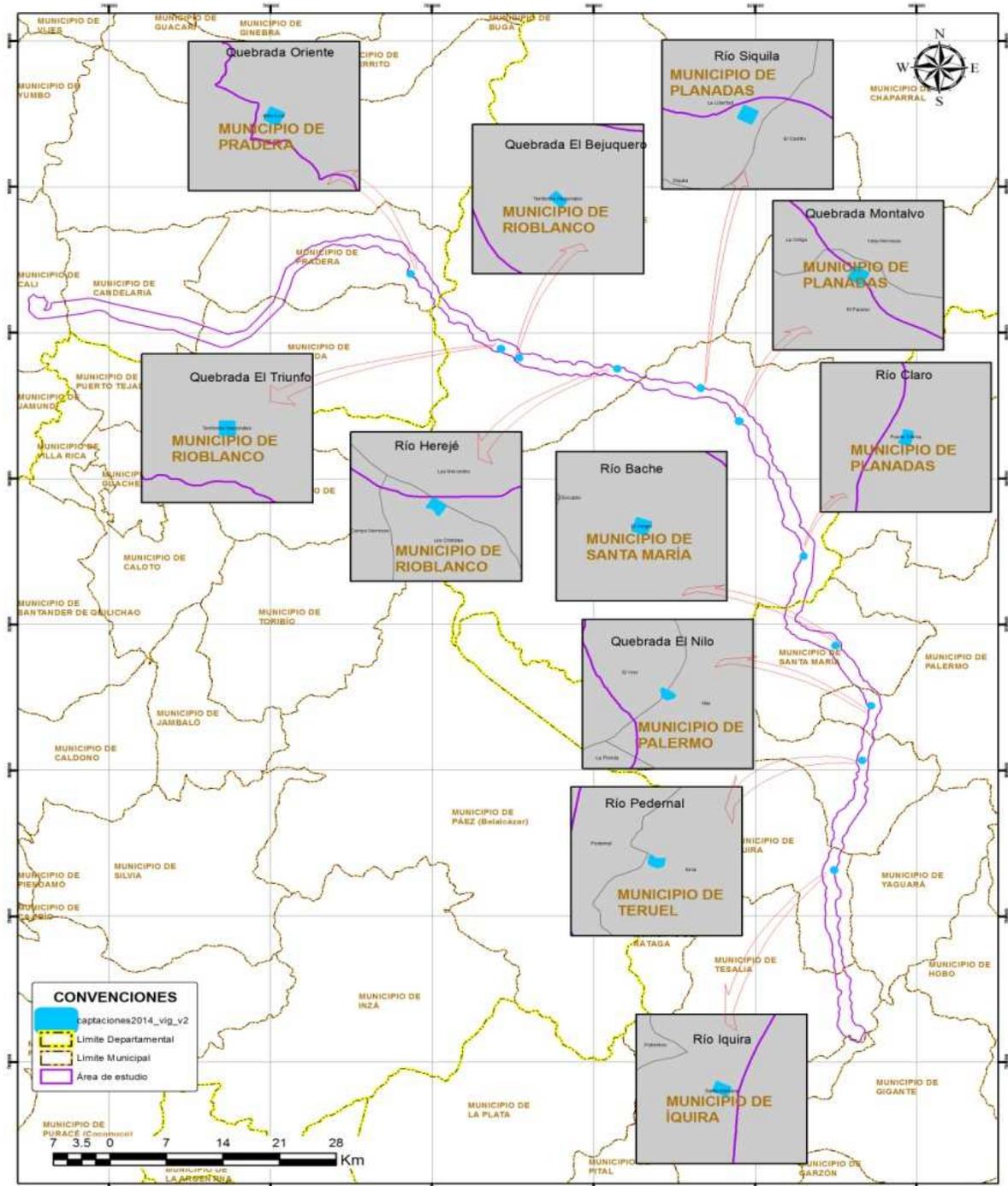
Fuente	departamento	Municipio	Vereda / predio	Caudal a captar	Actividad de Uso
Río Ìquira	Huila	Ìquira	Veredas Santa Bárbara y Potreritos.	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
Río Pedernal	Huila	Teruel	Vereda Sinaí	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
Quebrada El Nilo	Huila	Vereda El Nilo	Vereda El Nilo	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
Río Bache	Huila	Santa María	Vereda El Vergel	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
Río Claro	Tolima	Planadas	--	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
Quebrada Montalvo	Tolima	Planadas	Vereda El Paraíso	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de

Fuente	departamento	Municipio	Vereda / predio	Caudal a captar	Actividad de Uso
					acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
<b>Río Siquila</b>	Tolima	Planadas	Vereda Libertad La	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
<b>Río Hereje</b>	Tolima	Río Blanco	Vereda Cristales Los	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
<b>Quebrada El Bejuquero</b>	Tolima	Río Blanco	Vereda Territorios Nacionales	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
<b>Quebrada El Triunfo</b>	Tolima	Río Blanco	Vereda Territorios Nacionales	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos
<b>Quebrada Oriente</b>	Valle del Cauca	Pradera	Vereda Pinares	0.61 L/s	1) Construcción de Líneas de Transmisión. 2) Humectación de vías de acceso en afirmado que serán usadas por el Proyecto 3) Campamentos

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 238 se localizan los puntos de captación a utilizar para el proyecto.

**Figura 239 Localización de los puntos de captación a utilizar para el proyecto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Tabla 188 se relacionan las corrientes de agua interceptadas por el trazado de la línea de transmisión de energía.



**Tabla 190 Relación de corrientes interceptadas por el trazado del proyecto de Transmisión eléctrica**

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
K 000 + 557	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	832122,9496	764132,5161	78,832909	T2
K 000 + 660	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	832038,6815	764192,3427	182,178592	T2
K 001 + 925	Zanjón Las Cocas	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831295,8545	765172,3419	173,729585	T4N
K 002 + 458	Zanjón del Medio	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831190,9067	765686,0175	359,432566	T5
K 002 + 619	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831178,8535	765846,0595	448,16295	T5
K 004 + 875	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831060,2518	768098,7199	107,323883	T12
K 004 + 945	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831055,7303	768168,5368	37,360663	T12
K 005 + 132	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831043,6556	768354,9874	149,480509	T13
K 005 + 135	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831043,4771	768357,7431	152,241991	T13
K 005 + 244	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831036,4289	768466,5771	195,380248	T13
K 005 + 296	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831033,0597	768518,6019	143,246542	T13
K 005 + 419	Quebrada El Baurá	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831025,1005	768641,5027	20,088243	T13
K 005 + 541	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	831017,2528	768762,6819	101,344791	T14
K 005 + 857	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	830996,795	769078,5765	264,634364	T14
K 005 + 966	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	830989,7916	769186,7183	156,266031	T14
K 006 + 578	Quebrada El Venado	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	830950,2423	769797,4128	63,84359	T15
K 006 + 683	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	830943,4035	769903,0127	41,977528	T16
K 006 + 815	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	830934,8969	770034,366	173,605976	T16
K 006 + 909	NN	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	830928,8159	770128,265	267,701694	T16
K 007 + 476	Quebrada Las Yeguas	Alto de la Hocha	Tesalia	Huila	830861,3281	770690,2092	242,550525	T17
K 009 + 089	Quebrada El Morrocon	La Hocha	Íquira	Huila	830510,3989	772263,1181	427,946789	T20
K 009 + 184	NN	La Hocha	Íquira	Huila	830483,5356	772353,4178	333,736037	T20
K 010 + 407	Quebrada Chucha	Santa Lucia	Íquira	Huila	830287,5385	773556,9336	445,256429	T22
K 011 + 374	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	830134,3432	774511,7203	70,10809	T24
K 011 + 637	Quebrada El Chocho	Santa Lucia	Íquira	Huila	830082,738	774769,1621	311,503331	T24
K 011 + 874	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	830036,0903	775001,8725	74,163631	T24
K 012 + 012	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	830008,9937	775137,0487	63,701596	T25
K 012 + 116	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829988,5652	775238,96	167,640252	T25

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
K 012 + 238	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829964,6398	775358,3163	242,867931	T25
K 013 + 092	Quebrada La Chorrera	Santa Lucia	Íquira	Huila	829796,6861	776196,1834	390,730387	T27
K 013 + 787	Quebrada El Guamal	Santa Lucia	Íquira	Huila	829701,5836	776882,1328	149,047142	T28
K 014 + 131	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829684,5371	777225,8512	195,09368	T29N
K 014 + 597	Quebrada La Chorrera	Santa Lucia	Íquira	Huila	829661,4487	777691,3934	219,739378	T30
K 014 + 752	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829653,7824	777845,9744	203,536593	T30
K 015 + 422	Quebrada De Paredes	Santa Lucia	Íquira	Huila	829620,6058	778514,9307	309,628575	T31
K 016 + 268	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829601,046	779359,7691	97,375872	T33
K 016 + 479	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829618,177	779569,934	113,486042	T34
K 016 + 601	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829628,0818	779691,4464	110,212572	T34
K 016 + 912	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829653,3925	780001,9605	201,331398	T35
K 017 + 032	Quebrada e Vertientes	Santa Lucia	Íquira	Huila	829663,1543	780121,7183	274,900475	T35
K 018 + 115	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829651,2506	781202,6595	143,586973	T38
K 018 + 300	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829643,4011	781387,6669	140,701305	T38
K 018 + 703	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829626,3112	781790,462	262,456195	T39
K 019 + 065	NN	Santa Lucia	Íquira	Huila	829610,9897	782151,5779	158,526839	T39
K 019 + 555	RÍO CALLEJO N	Santa Lucia	Íquira	Huila	829589,0385	782668,95	331,495578	T40
K 019 + 610	RÍO CALLEJO N	Santa Lucia	Íquira	Huila	829589,0385	782668,95	387,125847	T40
K 020 + 288	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829540,8419	783372,5055	261,907518	T41
K 020 + 458	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829521,7888	783541,2348	132,763568	T41
K 020 + 728	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829491,4367	783810,0251	137,734995	T42
K 020 + 919	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829470,0644	783999,2929	328,205655	T42
K 020 + 935	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829468,2765	784015,1256	344,138992	T42
K 021 + 461	Quebrada El Gucharaco	Santa Barbara	Íquira	Huila	829409,2852	784537,5378	173,729226	T43
K 022 + 393	Quebrada El Garrapato	Santa Barbara	Íquira	Huila	829304,6311	785464,327	211,117352	T45
K 022 + 794	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829259,6113	785863,0102	145,762917	T46

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
K 022 + 895	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829248,3851	785962,4268	245,811347	T46
K 023 + 100	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829225,2966	786166,8928	166,750523	T46
K 023 + 370	Quebrada grande	Santa Barbara	Íquira	Huila	829187,8288	786498,6976	103,146218	T47
K 023 + 498	Quebrada grande	Potreritos	Íquira	Huila	829187,8288	786498,6976	134,220456	T47
K 023 + 727	RÍO IQUIRA	Potreritos	Íquira	Huila	829229,5084	786859,3784	94,36479	T48
K 023 + 794	RÍO IQUIRA	Potreritos	Íquira	Huila	829229,5084	786859,3784	161,887297	T48
K 023 + 850	RÍO IQUIRA	Potreritos	Íquira	Huila	829229,5084	786859,3784	217,515849	T48
K 023 + 890	RÍO IQUIRA	Santa Barbara	Íquira	Huila	829229,5084	786859,3784	232,032065	T48
K 025 + 271	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829761,704	788222,2293	152,832897	T51
K 025 + 759	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	829939,0921	788676,4861	91,513276	T51
K 026 + 134	NN	Santa Barbara	Íquira	Huila	830075,682	789026,2667	226,105066	T52
K 028 + 111	NN	Estambul	Teruel	Huila	830492,2612	790934,9209	223,291713	T57N
K 028 + 211	Quebrada Bolloneque	Estambul	Teruel	Huila	830498,6824	791034,2476	123,757656	T57N
K 028 + 601	NN	Estambul	Teruel	Huila	830523,8514	791423,5722	266,379586	T58
K 029 + 915	Quebrada La Calavera	Monserate	Teruel	Huila	830707,7111	792703,4941	180,056577	T60
K 030 + 465	NN	Monserate	Teruel	Huila	830992,6139	793173,8915	369,891833	T61
K 031 + 088	NN	Monserate	Teruel	Huila	831315,4368	793706,8979	185,143023	T62
K 031 + 357	Quebrada Beberrecio	Monserate	Teruel	Huila	831455,0909	793937,4779	454,717536	T62
K 032 + 581	NN	Monserate	Teruel	Huila	832084,8153	794985,9633	241,002257	T65N
K 033 + 068	NN	Varas Meson	Teruel	Huila	832329,6456	795407,9302	235,554621	T66N
K 033 + 249	Quebrada El Minche	Varas Meson	Teruel	Huila	832420,383	795564,3167	309,288177	T66N
K 033 + 486	Quebrada Los Bollos	Varas Meson	Teruel	Huila	832539,2926	795769,2582	72,348318	T66N
K 033 + 914	Quebrada Moitas o Pueblo	Varas Meson	Teruel	Huila	832655,0119	796178,1464	189,214406	T67N
K 034 + 406	NN	Primavera	Teruel	Huila	832765,0165	796657,8756	243,786523	T68
K 035 + 082	Quebrada El Balzal	Primavera	Teruel	Huila	832869,6771	797325,0845	432,509547	T69
K 035 + 382	Rio La Maria	Primavera	Teruel	Huila	832904,4912	797623,1677	384,329407	T69
K 035 + 417	NN	Primavera	Teruel	Huila	832908,5023	797657,5115	349,752176	T69
K 036 + 169	NN	Primavera	Teruel	Huila	832995,7785	798404,784	296,819469	T70
K 036 + 333	NN	Primavera	Teruel	Huila	833014,7608	798567,3133	133,185502	T70
K 036 + 555	NN	Primavera	Teruel	Huila	833040,5007	798787,7022	88,701472	T71
K 036 + 923	Quebrada Gualpi	Gualpi	Teruel	Huila	833145,1153	799134,9753	163,625284	T72
K 038 + 151	Quebrada	Sinai	Teruel	Huila	833490,8397	800295,9815	186,272556	T75

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
	El Alto							
K 038 + 303	NN	Sinai	Teruel	Huila	833510,7085	800445,9756	91,40701	T75
K 038 + 567	NN	Sinai	Teruel	Huila	833545,4433	800708,1958	129,96569	T76
K 038 + 798	NN	Sinai	Teruel	Huila	833575,7914	800937,3006	101,140409	T77
K 038 + 979	Quebrada El Pedernal	Sinai	Teruel	Huila	833600,9772	801127,4336	281,852547	T77
K 039 + 001	Quebrada El Pedernal	Sinai	Teruel	Huila	833600,9772	801127,4336	304,016109	T77
K 039 + 680	NN	Sinai	Teruel	Huila	833689,4182	801811,8265	170,528649	T78
K 040 + 227	Quebrada La Hodura	Sinai	Teruel	Huila	833754,2523	802354,9433	243,500962	T79
K 040 + 314	NN	Sinai	Teruel	Huila	833764,5377	802441,1049	330,274365	T79
K 040 + 577	NN	El Tablón	Teruel	Huila	833795,6837	802702,0156	200,892675	T79
K 041 + 164	NN	El Tablón	Teruel	Huila	833917,5912	803275,464	386,623457	T80
K 041 + 489	Quebrada San Juan o Tablon	El Tablón	Teruel	Huila	833999,9548	803589,4623	711,244342	T80
K 041 + 761	NN	Pedernal	Teruel	Huila	834068,979	803852,6059	467,191002	T80
K 041 + 840	NN	Pedernal	Teruel	Huila	834089,1355	803929,4492	387,748107	T80
K 042 + 094	NN	Pedernal	Teruel	Huila	834153,6285	804175,3183	133,561203	T80
K 042 + 445	NN	Pedernal	Teruel	Huila	834246,5877	804513,3719	217,055666	T81
K 042 + 638	NN	Pedernal	Teruel	Huila	834299,1428	804699,1937	410,166463	T81
K 042 + 706	Quebrada El Oso	Pedernal	Teruel	Huila	834317,5115	804764,1407	477,661075	T81
K 043 + 487	Quebrada Purgatorio	Los Pinos	Palermo	Huila	834530,2895	805516,4711	91,542274	T82
K 043 + 861	Quebrada El Algodonal	Los Pinos	Palermo	Huila	834631,9717	805875,994	234,595815	T83
K 044 + 363	Quebrada El Tigre	Los Pinos	Palermo	Huila	834717,7296	806368,5835	267,746693	T84
K 044 + 364	NN	Los Pinos	Palermo	Huila	834717,78	806369,1969	268,362185	T84
K 044 + 529	NN	El Diamante	Palermo	Huila	834731,2823	806533,6252	322,459956	T84
K 045 + 159	NN	El Diamante	Palermo	Huila	834782,8413	807161,5031	307,531285	T85
K 045 + 984	NN	Nilo	Palermo	Huila	834767,5125	807977,3609	230,533497	T86
K 046 + 149	Quebrada Florida o Volcan	Nilo	Palermo	Huila	834729,2922	808138,4906	64,932827	T86
K 046 + 416	NN	Nilo	Palermo	Huila	834667,6788	808398,2412	202,025166	T87
K 046 + 644	Quebrada Pan de Azucar	Nilo	Palermo	Huila	834615,0511	808620,1101	430,050383	T87
K 046 + 683	Quebrada El Nilo	Nilo	Palermo	Huila	834606,0878	808657,8974	468,886233	T87
K 046 + 782	NN	Nilo	Palermo	Huila	834583,3226	808753,8716	567,523412	T87
K 048 + 554	NN	Moral	Palermo	Huila	834167,0207	810454,9368	198,557461	T92

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
K 048 + 692	NN	Moral	Palermo	Huila	834098,984	810574,6846	240,142047	T92
K 049 + 469	Quebrada Las Moras	Moral	Palermo	Huila	833673,1602	811224,56	537,513201	T93
K 050 + 572	NN	Corozal	Palermo	Huila	833043,1926	812129,0925	300,861993	T95N
K 051 + 790	NN	San Jose	Santa maría	Huila	832349,9032	813131,281	263,869801	T96_Torica
K 052 + 536	NN	Divino Niño	Santa maría	Huila	831929,7932	813747,9597	200,053521	T97
K 053 + 396	NN	Divino Niño	Santa maría	Huila	831484,171	814480,33	282,505903	T100
K 053 + 593	NN	Divino Niño	Santa maría	Huila	831400,1515	814658,1255	357,737945	T100
K 053 + 783	NN	Divino Niño	Santa maría	Huila	831318,8868	814830,0912	167,537663	T100
K 053 + 873	NN	Divino Niño	Santa maría	Huila	831280,3589	814911,6209	77,362873	T100
K 054 + 191	NN	Divino Niño	Santa maría	Huila	831126,6058	815189,92	240,788856	T100
K 054 + 568	NN	Divino Niño	Santa maría	Huila	830937,931	815515,6136	617,185586	T100
K 054 + 698	Quebrada El Oso	El Censo	Santa maría	Huila	830872,5152	815628,5353	568,957669	T100
K 054 + 978	NN	El Censo	Santa maría	Huila	830732,1881	815870,7704	289,012082	T100
K 055 + 441	NN	El Vergel	Santa maría	Huila	830499,5362	816271,3008	12,375705	T102
K 056 + 494	RÍO EL CARMEN	El Vergel	Santa maría	Huila	829923,513	817172,5444	529,345008	T104N
K 056 + 528	RÍO EL CARMEN	El Vergel	Santa maría	Huila	829923,513	817172,5444	563,633462	T104N
K 057 + 829	Quebrada San Isidro	Santa Lucia	Santa maría	Huila	828936,5827	817870,3366	256,542831	T106
K 058 + 155	Quebrada El Encanto	El Encanto	Santa maría	Huila	828616,3789	817928,0858	327,876649	T106
K 058 + 914	NN	El Encanto	Santa maría	Huila	827871,2206	818073,1189	431,319637	T107
K 059 + 867	NN	Los Pinos	Santa maría	Huila	826950,6422	818313,337	243,23488	T109
K 060 + 237	Quebrada La Pizarra	Los Pinos	Santa maría	Huila	826597,1999	818423,4709	104,983262	T110
K 063 + 834	Quebrada La Trigueña	San Francisco	Santa maría	Huila	824583,8082	821042,2183	162,205861	T119
K 063 + 973	NN	San Francisco	Santa maría	Huila	824570,4322	820893,0515	149,461671	T119
K 064 + 084	Quebrada La Trigueña	San Francisco	Santa maría	Huila	824583,8082	821042,2183	37,879226	T119
K 064 + 411	Quebrada La Trigueña	San Francisco	Santa maría	Huila	824583,8082	821042,2183	80,5351	T120
K 064 + 814	Quebrada San Pedro	Jerusalen	Santa maría	Huila	824691,756	821723,9507	134,120976	T121
K 065 + 563	NN	Jerusalen	Santa maría	Huila	824884,2011	822530,3782	90,65262	T123
K 065 + 724	NN	Jerusalen	Santa maría	Huila	824884,2011	822530,3782	70,126403	T124
K 066 + 742	NN	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	825139,2851	823599,2893	205,034366	T126

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
K 067 + 523	Quebrada Santa Bárbara	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	825320,54	824358,8251	181,741714	T128
K 068 + 404	Quebrada Chile	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	825559,7629	825203,7928	217,452996	T130
K 069 + 948	Quebrada La Esperanza	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	825997,1359	826663,4529	139,362058	T134
K 070 + 682	Quebrada La Estrella	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	826039,381	827396,9508	138,36322	T136
K 072 + 668	NN	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	826153,53	829378,9114	86,846339	T140
K 072 + 974	Río Claro	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	826171,1193	829684,3134	219,061835	T141
K 074 + 669	Quebrada La Cristalina	Puerto Tolima	Planadas	Tolima	825935,9852	831291,7058	417,660105	T145
K 076 + 737	Quebrada Corazón Diamante	Río Claro	Planadas	Tolima	825079,5993	833144,2866	787,472835	T147
K 080 + 068	RÍO ATA	El Diamante	Planadas	Tolima	823779,8231	836177,1506	621,965113	T153
K 080 + 100	RÍO ATA	El Diamante	Planadas	Tolima	823779,8231	836177,1506	654,047706	T153
K 081 + 147	Quebrada La Primavera	La Primavera	Planadas	Tolima	823285,7879	837085,7851	311,759792	T154
K 081 + 541	NN	La Primavera	Planadas	Tolima	823234,381	837476,0714	210,147176	T154
K 084 + 171	Quebrada San joaquin	Oasis Alto	Planadas	Tolima	822515,3272	839991,703	258,442171	T162
K 084 + 344	NN	San Joaquin Alto	Planadas	Tolima	822466,3088	840157,5815	288,402495	T162
K 084 + 735	NN	San Joaquin Alto	Planadas	Tolima	822355,7273	840531,7894	101,802329	T163
K 085 + 074	NN	San Joaquin Alto	Planadas	Tolima	822259,5556	840857,2347	384,134137	T163
K 085 + 563	NN	San Joaquin Alto	Planadas	Tolima	822121,0685	841325,8752	79,910364	T164
K 085 + 712	NN	San Joaquin Alto	Planadas	Tolima	822078,8493	841468,745	69,066935	T165
K 086 + 047	NN	El Silencio	Planadas	Tolima	821946,7152	841776,8841	178,996706	T166
K 086 + 275	NN	El Silencio	Planadas	Tolima	821850,201	841982,5537	48,192608	T167
K 086 + 382	NN	El Silencio	Planadas	Tolima	821804,7431	842079,4234	155,197988	T167
K 086 + 588	NN	El Silencio	Planadas	Tolima	821717,129	842266,1268	361,436728	T167
K 087 + 221	Quebrada San Gabriel	San Gabriel Alto	Planadas	Tolima	821447,9764	842839,6843	614,114614	T167
K 087 + 594	NN	San Gabriel Alto	Planadas	Tolima	821289,8291	843176,6923	241,844583	T167
K 088 + 243	NN	San Gabriel Alto	Planadas	Tolima	821059,5885	843782,5872	407,422388	T168
K 089 + 011	Quebrada El Encanto	El Paraiso	Planadas	Tolima	820819,2206	844512,0927	269,407235	T169
K 090 + 885	NN	El Paraiso	Planadas	Tolima	820232,7372	846292,0429	137,880104	T173

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
K 091 + 588	NN	El Paraiso	Planadas	Tolima	819985,9224	846944,6353	78,314593	T175
K 092 + 577	NN	El Paraiso	Planadas	Tolima	819338,1659	847692,0714	499,940413	T177
K 092 + 587	Quebrada Montalvo	El Paraiso	Planadas	Tolima	819331,814	847699,4007	509,639199	T177
K 094 + 509	NN	Vista Hermosa	Planadas	Tolima	818073,3048	849151,5748	127,288626	T180
K 094 + 958	NN	Vista Hermosa	Planadas	Tolima	817779,0678	849491,0902	321,984207	T181
K 095 + 187	NN	Vista Hermosa	Planadas	Tolima	817629,1382	849664,0916	129,091796	T181
K 095 + 467	NN	Vista Hermosa	Planadas	Tolima	817445,6249	849875,8448	151,116257	T182
K 095 + 793	NN	Vista Hermosa	Planadas	Tolima	817232,2516	850122,0529	281,595538	T182
K 097 + 110	NN	Cristalina	Planadas	Tolima	816203,4811	850894,701	589,383889	T185
K 097 + 370	Quebrada Cristalina	Cristalina	Planadas	Tolima	815966,6168	851002,3939	329,186937	T185
K 099 + 630	Quebrada Matanza	El Castillo	Planadas	Tolima	813804,9156	851222,3286	529,480499	T191
K 100 + 458	NN	El Castillo	Planadas	Tolima	812980,9306	851137,5422	14,903458	T192
K 100 + 882	NN	El Castillo	Planadas	Tolima	812560,699	851145,5533	203,805766	T193
K 100 + 914	NN	El Castillo	Planadas	Tolima	812528,8959	851150,3698	235,971476	T193
K 101 + 351	NN	Siquila	Planadas	Tolima	812097,0332	851215,7731	101,221627	T194
K 101 + 977	Río Siquila	Siquila	Planadas	Tolima	811477,9176	851309,535	394,393194	T195
K 102 + 352	NN	Siquila	Planadas	Tolima	811106,8219	851365,7355	332,805976	T195
K 103 + 091	NN	Siquila	Planadas	Tolima	810451,179	851656,9909	133,880522	T197
K 103 + 436	NN	Siquila	Planadas	Tolima	810173,7943	851862,0399	213,607465	T197
K 103 + 642	NN	Siquila	Planadas	Tolima	810008,1766	851984,4682	7,651362	T197
K 103 + 752	NN	Siquila	Planadas	Tolima	809919,6962	852049,8749	102,379689	T198
K 103 + 987	NN	Siquila	Planadas	Tolima	809730,7978	852189,5128	102,299162	T198
K 104 + 237	NN	Siquila	Planadas	Tolima	809529,5897	852338,2504	147,915858	T199
K 104 + 470	NN	Siquila	Planadas	Tolima	809342,7046	852476,4	43,087525	T200
K 104 + 769	NN	La Libertad	Planadas	Tolima	809102,3661	852654,0636	159,196145	T200
K 105 + 012	NN	La Libertad	Planadas	Tolima	808890,0167	852743,7747	84,476773	T201
K 105 + 485	NN	Patagonia	Planadas	Tolima	808417,9003	852716,2242	158,752005	T202
K 105 + 899	NN	Patagonia	Planadas	Tolima	808004,6304	852692,1077	255,220992	T203
K 106 + 226	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	807678,3361	852673,0667	571,315431	T203
K 106 + 468	Quebrada Patagonia	Santa Rosa	Planadas	Tolima	807436,4449	852658,951	329,012651	T203
K 106 + 599	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	807306,1032	852651,3449	198,449243	T203
K 106 + 897	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	806983,4657	852702,4968	99,452053	T204

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
K 106 + 977	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	806983,4657	852702,4968	179,398876	T204
K 107 + 061	Quebrada barranquillita	Santa Rosa	Planadas	Tolima	806872,8151	852758,2221	263,315947	T204
K 107 + 076	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	806859,356	852765,0004	278,385554	T204
K 107 + 213	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	806736,6821	852826,7807	216,554934	T204
K 107 + 282	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	806675,4123	852857,6372	147,95381	T204
K 107 + 343	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	806620,9053	852885,0877	86,924797	T204
K 107 + 823	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	806204,8362	853125,032	43,969788	T206
K 108 + 206	Quebrada Santa Rosa	Santa Rosa	Planadas	Tolima	805875,6908	853320,3657	426,712374	T206
K 108 + 355	NN	Santa Rosa	Planadas	Tolima	805747,4855	853396,4501	575,794367	T206
K 108 + 446	RÍO SALDAÑA	Santa Rosa	Planadas	Tolima	805657,8373	853449,6524	666,814953	T206
K 108 + 473	RÍO SALDAÑA	Los Cristales	Rioblanco	Tolima	805657,8373	853449,6524	652,444607	T206
K 108 + 753	NN	Los Cristales	Rioblanco	Tolima	805365,1464	853623,352	371,490446	T206
K 108 + 846	NN	Los Cristales	Rioblanco	Tolima	805365,1464	853623,352	279,146048	T206
K 109 + 255	NN	Los Cristales	Rioblanco	Tolima	804970,1872	853849,8309	130,095103	T207N
K 109 + 549	NN	Los Cristales	Rioblanco	Tolima	804710,2533	853986,2367	423,646084	T207N
K 109 + 613	RÍO HEREJE	Los Cristales	Rioblanco	Tolima	802554,585	854459,2137	488,03443	T207N
K 109 + 651	RÍO HEREJE	Los Cristales	Rioblanco	Tolima	802554,585	854459,2137	525,887873	T207N
K 110 + 627	NN	Las Mercedes	Rioblanco	Tolima	803755,0772	854487,4855	84,785978	T209N
K 110 + 904	RÍO HEREJE	Las Mercedes	Rioblanco	Tolima	802554,585	854459,2137	127,203489	T210N
K 110 + 935	RÍO HEREJE	Las Mercedes	Rioblanco	Tolima	802554,585	854459,2137	158,414112	T210N
K 111 + 385	NN	Campo Hermoso	Rioblanco	Tolima	803017,8732	854622,8832	469,783705	T210N
K 112 + 008	NN	Campo Hermoso	Rioblanco	Tolima	802398,3647	854690,4426	153,397739	T211
K 112 + 625	Quebrada La Secreta	Campo Hermoso	Rioblanco	Tolima	801785,1921	854757,311	356,234035	T212
K 113 + 086	NN	Campo Hermoso	Rioblanco	Tolima	801326,7331	854807,3074	104,943033	T213
K 113 + 481	NN	Campo Hermoso	Rioblanco	Tolima	800934,0025	854850,1359	258,642144	T214
K 113 + 657	NN	Campo Hermoso	Rioblanco	Tolima	800759,4256	854869,174	434,254007	T214
K 113 + 891	RÍO HEREJE	Las Mercedes	Rioblanco	Tolima	802554,585	854459,2137	597,776245	T214
K 113 + 962	RÍO HEREJE	Las Mercedes	Rioblanco	Tolima	802554,585	854459,2137	526,194645	T214
K 114 + 840	Quebrada Honda	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	799586,0986	855016,0934	121,982446	T216
K 115 + 492	NN	Territorios	Rioblanco	Tolima	798942,3758	855121,5009	225,440397	T217

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
		Nacionales						
K 115 + 534	Quebrada El Quebradón	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	798901,345	855128,2195	267,01765	T217
K 117 + 094	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	797352,3842	855268,566	255,556271	T220
K 117 + 571	Quebrada Las Delicias	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	796875,854	855266,2535	206,959494	T221
K 117 + 973	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	796473,3407	855264,3001	195,558608	T222
K 118 + 748	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	795705,6153	855324,0021	181,675379	T225
K 118 + 981	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	795478,2004	855375,6626	211,314219	T225
K 119 + 220	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	795245,4648	855428,5317	27,350863	T226
K 119 + 666	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	794811,8024	855531,5092	82,307677	T228
K 120 + 157	Quebrada El Venao	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	794336,0189	855652,745	256,432506	T229
K 120 + 385	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	794115,2613	855708,997	119,037294	T229
K 121 + 444	Quebrada Albannia	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	793092,0458	855985,1	118,988431	T232
K 122 + 082	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	792475,8794	856150,5429	78,79375	T234
K 122 + 224	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	792339,4349	856186,7312	62,368115	T235
K 122 + 321	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	792244,9685	856211,7859	160,100617	T235
K 122 + 572	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	792002,6824	856276,046	57,929209	T235
K 122 + 920	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	791666,6469	856365,1705	11,237899	T237
K 123 + 093	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	791498,7967	856409,6884	115,646796	T237
K 123 + 786	Quebrada Bejuquero	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	790837,4994	856605,8445	70,896575	T240
K 124 + 205	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	790479,5656	856823,839	150,212685	T241
K 124 + 469	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	790254,1458	856961,1278	21,750004	T242
K 124 + 639	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	790108,37	857049,9105	192,433511	T242
K 124 + 767	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	789999,5174	857116,2056	319,885174	T242
K 124 + 811	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	789961,7545	857139,2046	364,100474	T242
K 125 + 011	Quebrada El Purgatorio	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	789791,0676	857243,159	308,815147	T242
K 125 + 161	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	789662,905	857321,2147	158,754021	T242
K 125 + 860	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	789043,653	857643,979	161,783717	T244
K 126 + 074	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	788851,3796	857739,4627	103,526162	T244
K 126 + 490	Quebrada El Triunfo	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	788479,4953	857924,142	311,689914	T245
K 127 + 185	NN	Territorios	Rioblanco	Tolima	787857,0287	858233,2616	85,691419	T246

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
		Nacionales						
K 127 + 446	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	787622,6194	858349,6702	347,414004	T246
K 127 + 662	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	787429,5489	858445,5498	470,589436	T246
K 127 + 676	Quebrada El Auxilio	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	787416,5968	858451,9819	456,128078	T246
K 127 + 755	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	787346,1062	858486,9878	377,424027	T246
K 128 + 518	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	786665,4856	858831,8883	385,621337	T247
K 128 + 809	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	786407,4552	858965,2254	471,605281	T247
K 130 + 816	Quebrada La Soledad	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	785227,8877	860448,0378	305,758934	T260
K 132 + 955	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	783644,9025	861860,6447	362,437176	T264-V
K 132 + 957	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	783644,9025	861860,6447	360,116365	T264-V
K 133 + 066	Quebrada El Asalto	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	783555,8129	861925,6686	250,981392	T264-V
K 133 + 439	NN	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	783255,1769	862145,0942	121,214246	T265-V
K 135 + 002	Quebrada Las Arrugas	Territorios Nacionales	Rioblanco	Tolima	782050,2748	863140,2248	360,935449	T269-V
K 137 + 255	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	780634,2015	865043,7749	154,037037	T275-V
K 137 + 572	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	780634,2015	865043,7749	472,021462	T275-V
K 138 + 904	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	779880,9453	866326,7469	315,197006	T279-V
K 139 + 757	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	779373,4312	867011,5005	377,101551	T281-V
K 141 + 449	Quebrada Mendoza	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	778585,251	868488,3938	342,161166	T284-V
K 141 + 657	Quebrada Cansa Perros	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	778514,7246	868684,1872	436,537948	T284-V
K 142 + 587	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	778083,4628	869491,3135	359,1012	T286-V
K 142 + 742	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	777981,2189	869607,2351	366,420755	T286-V
K 142 + 975	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	777827,1848	869781,875	133,556867	T286-V
K 143 + 496	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	777482,4007	870172,7821	387,676705	T287-V
K 144 + 864	Quebrada El Silencio	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	776655,1694	871258,7126	415,737098	T289-V
K 146 + 518	Quebrada La Elvira	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	775398,9243	872053,4815	400,750531	T294-V
K 146 + 817	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	775100,2605	872070,1383	298,122061	T294-V
K 147 + 548	NN	Bolo Azul	Pradera	Valle del cauca	774370,3621	872110,845	241,798047	T296-V
K 149 + 321	NN	Bolo Blanco	Pradera	Valle del cauca	772654,314	872437,7187	217,336328	T300-V
K 149 + 938	Río Bolo Blanco	Bolo Blanco	Pradera	Valle del cauca	772087,3476	872681,68	399,889645	T301-V
K 152 + 013	Quebrada Maltina	El Retiro	Pradera	Valle del cauca	770115,2207	872690,1108	365,174875	T305-V

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
K 152 + 753	NN	El Retiro	Pradera	Valle del cauca	769397,3025	872511,5976	111,396393	T306-V
K 153 + 098	NN	El Retiro	Pradera	Valle del cauca	769062,5595	872428,3629	233,539682	T307-V
K 153 + 228	NN	El Retiro	Pradera	Valle del cauca	768936,1161	872396,9224	162,166242	T307-V
K 154 + 245	Quebrada Los Negros	La Carbonera	Pradera	Valle del cauca	767941,6319	872185,368	436,211642	T310-V
K 155 + 414	Quebrada El Tamboral	La Carbonera	Pradera	Valle del cauca	766807,2216	871904,7038	308,264964	T314-V
K 155 + 739	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	766494,6967	871816,5313	359,19151	T314-V
K 155 + 937	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	766303,9076	871762,704	160,954658	T314-V
K 156 + 008	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	766235,5875	871743,4289	89,967625	T314-V
K 157 + 558	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	765036,8392	870774,1781	287,810505	T317-V
K 157 + 724	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	764909,8308	870666,2798	121,157643	T317-V
K 157 + 904	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	764773,1527	870550,1666	58,183283	T318-V
K 158 + 120	Quebrada Salsipuedes	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	764608,5643	870410,343	200,550499	T318-V
K 158 + 681	Quebrada Salsipuedes	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	764180,8025	870046,9435	251,672006	T319-V
K 158 + 801	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	764089,1824	869969,1088	131,453489	T319-V
K 159 + 163	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	763708,1756	869683,0628	133,845885	T321-V
K 159 + 393	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	763708,1756	869683,0628	298,419431	T321-V
K 159 + 922	NN	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	763176,1795	869302,4042	230,980682	T322-V
K 159 + 922	Rio Bolo	Potrerito	Pradera	Valle del cauca	763176,1795	869302,4042	230,980682	T322-V
K 159 + 942	NN	Lomitas	Pradera	Valle del cauca	763176,1795	869302,4042	212,24118	T322-V
K 159 + 942	Rio Bolo	Lomitas	Pradera	Valle del cauca	763176,1795	869302,4042	212,24118	T322-V
K 160 + 139	NN	Lomitas	Pradera	Valle del cauca	763007,8683	869181,9727	15,170277	T322-V
K 161 + 300	Zanjon Guabina	la Granja	Pradera	Valle del cauca	762254,028	868365,1489	98,656097	T326-V
K 161 + 579	NN	la Granja	Pradera	Valle del cauca	762163,9189	868100,637	22,904474	T326-V
K 163 + 082	Quebrada Salsipuedes	la Granja	Pradera	Valle del cauca	761679,447	866678,487	93,501706	T330-V
K 163 + 686	Quebrada La Alacranera	El Recreo	Pradera	Valle del cauca	761484,5497	866106,371	35,426384	T331-V
K 164 + 529	Quebrada la Fria	Vallecito	Pradera	Valle del cauca	761212,6484	865308,2147	86,897652	T333-V
K 165 + 070	NN	Parraga	Pradera	Valle del cauca	761038,1375	864795,9448	50,822673	T334-V
K 165 + 202	Rio	Parraga	Pradera	Valle del	760991,3077	864658,4776	81,032738	T335-V

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
	Parraga			cauca				
K 165 + 229	Río Parraga	Parraga	Pradera	Valle del cauca	760991,3077	864658,4776	107,771599	T335-V
K 166 + 646	NN	Corregimiento La Diana	Florida	Valle del cauca	760422,282	863368,49	60,937671	T339-V
K 167 + 020	NN	Corregimiento La Diana	Florida	Valle del cauca	760169,1556	863093,4725	6,713305	T340-V
K 167 + 359	NN	Corregimiento La Diana	Florida	Valle del cauca	759939,6644	862844,1341	73,412949	T340-V
K 167 + 480	NN	Corregimiento La Diana	Florida	Valle del cauca	759857,2761	862754,6204	48,244491	T341-V
K 167 + 556	NN	Corregimiento La Diana	Florida	Valle del cauca	759775,8325	862666,1331	123,730561	T341-V
K 167 + 645	NN	Corregimiento La Diana	Florida	Valle del cauca	759775,8325	862666,1331	213,283429	T341-V
K 169 + 449	Zanjon El Limon	Corregimiento La Diana	Florida	Valle del cauca	758523,8815	861305,9074	119,819425	T345-V
K 170 + 236	NN	Corregimiento San Antonio de los Caballeros	Florida	Valle del cauca	757991,1035	860727,0519	225,899177	T347-V
K 170 + 544	Río Fraile	Corregimiento San Antonio de los Caballeros	Florida	Valle del cauca	757782,4461	860500,349	37,358767	T348-V
K 171 + 467	Acequia	Balsilla	Florida	Valle del cauca	757130,9635	859870,7368	87,379878	T350-V
K 171 + 922	Acequia	Balsilla	Florida	Valle del cauca	756682,0633	859791,1003	142,256741	T351-V
K 173 + 819	Río Las Cañas	Cañas Abajo	Florida	Valle del cauca	754814,4753	859459,7849	157,005496	T355-V
K 174 + 536	NN	Cañas Abajo	Florida	Valle del cauca	753960,4145	859308,2728	21,422984	T356-V
K 174 + 837	NN	Cañales	Florida	Valle del cauca	753960,4145	859308,2728	172,774613	T357-V
K 175 + 166	NN	Cañales	Florida	Valle del cauca	753488,2771	859223,8183	156,03397	T358-V
K 175 + 199	NN	Cañales	Florida	Valle del cauca	753455,5667	859217,8671	153,762058	T358-V
K 176 + 745	NN	Cañales	Florida	Valle del cauca	752000,9682	859678,0232	92,27375	T345
K 182 + 348	NN	Las Cuarenta	Candelaria	Valle del cauca	746740,5332	861398,4671	113,579611	T361
K 187 + 626	NN	Tiple Arriba	Candelaria	Valle del cauca	741651,8778	862786,9777	17,665355	T374
K 189 + 529	NN	Cuchipe	Candelaria	Valle del cauca	739800,168	863224,8322	107,381458	T379
K 189 + 826	NN	Cuchipe	Candelaria	Valle del cauca	739511,092	863293,1871	27,268332	T380
K 191 + 647	NN	Corregimiento San Joaquin	Candelaria	Valle del cauca	737738,805	863712,2613	174,968555	T384
K 192 + 023	NN	Corregimiento San Joaquin	Candelaria	Valle del cauca	737368,122	863738,8559	200,875579	T385
K 192 + 491	NN	Corregimiento San Joaquin	Candelaria	Valle del cauca	736901,2759	863707,0167	202,714354	T386
K 194 + 618	RÍO CAUCA	Tiple Abajo	Candelaria	Valle del cauca	734756,3167	863473,5732	180,22266	T391
K 194 + 689	RÍO CAUCA	Morga	Cali	Valle del cauca	734756,3167	863473,5732	184,48041	T391
K 194 + 710	NN	Morga	Cali	Valle del cauca	734700,4892	863461,7091	163,024277	T391
K 194 + 894	NN	Morga	Cali	Valle del cauca	734521,649	863419,2811	21,175402	T392

Abscisa	Fuente	Vereda	Municipio	Depto_1	Este	Norte	Distance torre	Torre ini
K 196 + 311	Caño El Estero	Morga	Cali	Valle del cauca	733128,0602	863130,4765	15,084048	T396
K 196 + 361	Caño El Estero	Morga	Cali	Valle del cauca	733128,0602	863130,4765	64,151738	T396
K 197 + 299	NN	Morga	Cali	Valle del cauca	732184,2743	862938,7169	165,471156	T398
K 197 + 607	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	Cali	Valle del cauca	731882,2427	862877,3497	10,711221	T398
K 197 + 991	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	Cali	Valle del cauca	731505,7477	862800,8489	97,225709	T399
K 198 + 328	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	Cali	Valle del cauca	731213,9873	862900,6898	38,747844	T402N
K 198 + 581	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	Cali	Valle del cauca	731123,7474	863136,6155	208,053316	T402N
K 198 + 831	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	Cali	Valle del cauca	731052,323	863373,1715	42,332145	T404
K 199 + 314	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	Cali	Valle del cauca	731085,4173	863854,6239	138,499998	T405
K 199 + 857	NN	Sector Geográfico Valle de Lili	Cali	Valle del cauca	731028,9656	864390,895	70,253684	T407

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.6 Hidrogeología

El principal objetivo de la caracterización hidrogeológica, es estimar la capacidad de las unidades de roca para almacenar y transmitir el agua subterránea y valorar la posible afectación del recurso hídrico subterráneo, frente a las actividades que se deriven de la construcción y operación de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 - 2009.

De acuerdo a la clasificación de las unidades de roca frente al comportamiento hidrogeológico, se consideran los siguientes tipos:

- **Acuíferos:** Estrato o formación geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua por sus poros y/o grietas. Dentro de estas formaciones se pueden encontrar materiales muy variados como gravas, calizas fracturadas, areniscas porosas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas, depósitos de dunas, estas son económicamente explotables.
- **Acuicludos:** Formación geológica que conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos de arcillas de cualquier origen.
- **Acuitardos:** Formación geológica que conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptas para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, pero sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante en ciertos casos.

- **Acuífugos:** Aquellas formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo un macizo granítico que no esté fisurado o unas rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación, estos se consideran impermeables.

La recarga es el proceso por el cual el agua lluvia y/o de escorrentía, que una vez satisface las necesidades de humedad del suelo, entra al sistema hidrogeológico o más precisamente percola y alcanza la zona freática y renueva las reservas del acuífero; la zona de recarga o alimentación es el área en la superficie del terreno donde se dan los procesos de infiltración del agua y generalmente se presenta en donde las unidades acuíferas afloran en la superficie o a través de otros acuíferos por goteo o por recarga lateral.

La descarga es la tasa de flujo de una corriente, manantial o sistema de agua subterráneo; la zona de descarga es la zona donde el agua, sale del acuífero puede ser por un manantial, por la descarga a un río o al mar.

El área de influencia indirecta de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV, se encuentra ubicada en la denominada Provincia Hidrogeológica Andina - Vertiente Atlántica, la cual comprende el sistema montañoso centro occidental del país conformado por las cordilleras Occidental, Central y Oriental, en esta provincia se presenta una gran variedad litológica consistente en sedimentos y rocas que van desde el Precámbrico hasta el Reciente; estos sedimentos y rocas se presentan desde impermeables, hasta de permeabilidad alta, siendo los valles y las mesetas los grandes centros de almacenamiento de agua tanto superficial como subterránea<sup>113</sup>.

Esta área se ubica en tres regiones geológicas diferentes, correspondientes a la Cuenca del Cauca – Patía, Cordillera Central y al Valle Superior del Magdalena; las rocas presentes varían hacia su extremo occidental entre sedimentos Cuaternarios y rocas del cretáceo y paleozoico, en la parte central por rocas ígneas ácidas, metamórficas del Precámbrico y Paleozoico y rocas volcánicas básicas del Jurásico y en la zona oriental desde rocas sedimentarias marinas y continentales del Cretáceo, y rocas continentales del Paleógeno y Neógeno, y sedimentos del cuaternario en menor proporción. Estas rocas y sedimentos, con diferentes propiedades litológicas, pueden conformar acuíferos por porosidad primaria y secundaria y algunas con limitados recursos hídricos.

En la zona de los valles se hace amplio uso del agua subterránea para el abastecimiento de los diferentes sectores, incluyendo el abastecimientos público; en el Valle del Cauca, soportan gran parte de la actividad agrícola e industrial de la zona. Por esta razón, instituciones estatales como el INGEOMINAS y las corporaciones autónomas regionales, han realizado varios estudios regionales y locales, de los cuales se obtuvo información sobre las características hidrogeológicas como potencialidad, espesor, calidad, caudales, parámetros hidráulicos entre otras. Gran parte de la información hidrogeológica analizada en la zona y utilizada en el presente informe para la descripción de las unidades y

---

<sup>113</sup>INGEOMINAS, 2004. Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, en Escala 1:500.000. Plancha 5-14. Memoria Técnica, Bogotá.

sistemas hidrogeológicos, se obtuvo del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, Memoria Técnica de las planchas 5-14<sup>114</sup> y 5-13<sup>115</sup>, elaborado por INGEOMINAS.

A continuación se describen las principales características de los sistemas acuíferos presentes en la zona de interés, siguiendo la valoración de las unidades desde el punto de vista de su capacidad para almacenar agua subterránea, según la metodología desarrollada por Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH) y aplicada al Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia.

### 3.2.6.1 Unidades hidrogeológicas

Las diferentes unidades y sistemas hidrogeológicos, se clasifican por sus características en relación con la permeabilidad, porosidad, transmisividad, hidráulica, coeficiente de almacenamiento, extensión areal y espesor. (Ver Figura 240 y mapa Hidrogeológico anexo al presente documento).

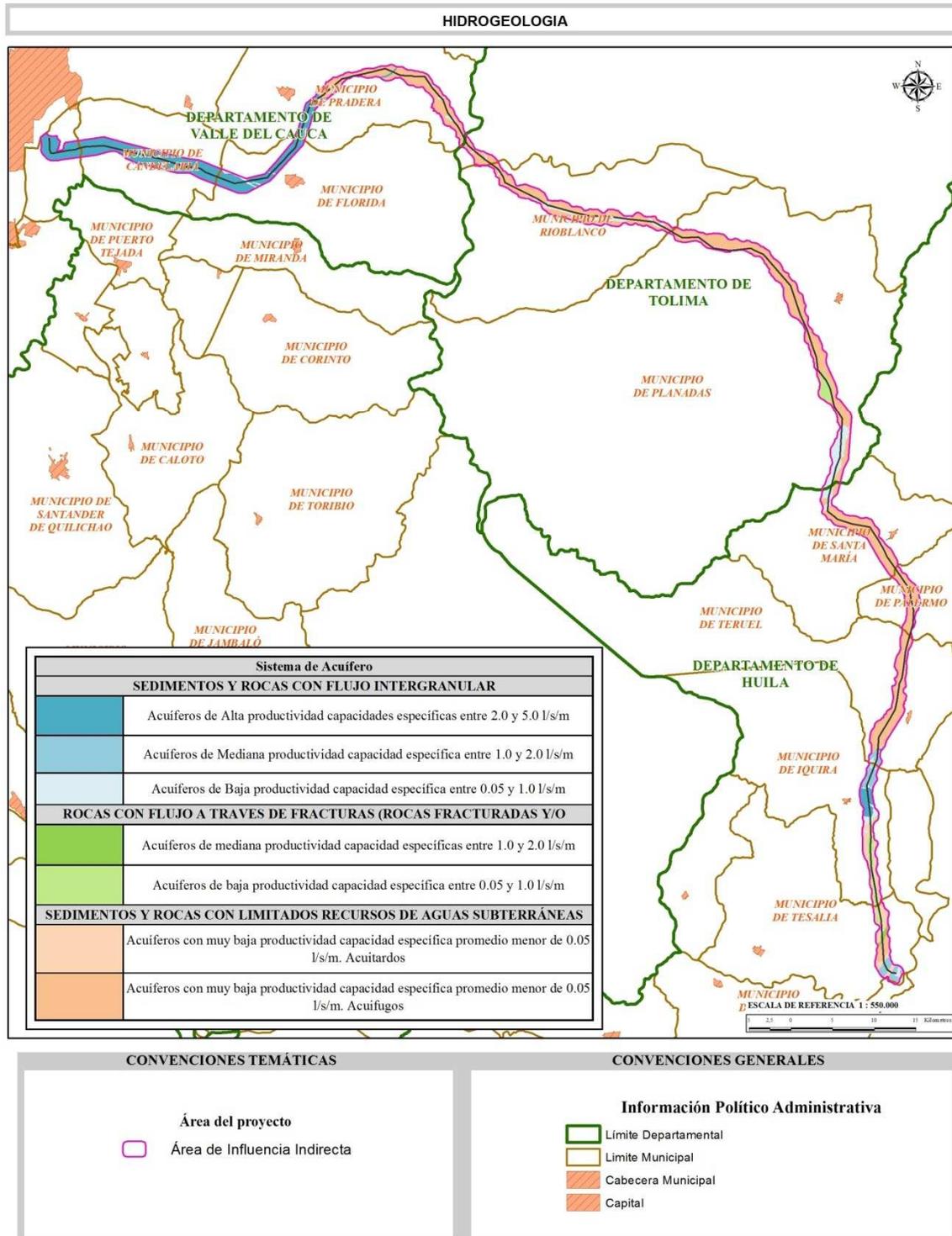
En general el área influencia indirecta, presenta rocas y sedimentos con limitados recursos hídricos subterráneos, a excepción del sector del Valle del Cauca y del Valle Superior del Magdalena.

---

<sup>114</sup> *Ibíd.*

<sup>115</sup> INGEOMINAS, 2004(1). Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, en Escala 1:500.000. Plancha 5-13. Memoria Técnica, Bogotá.

**Figura 240 Unidades Hidrogeológicas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Sedimentos y rocas con flujo intergranular**

**Sistemas acuíferos de alta productividad, con capacidades específicas entre 2.0 y de 5.0 l/s/m**

Este sistema acuífero, se presenta en el graben del Cauca - Patía, flanqueado por las cordilleras Central y Occidental, corresponde a un acuífero de alto potencial hidrogeológico, que ha sido definido como el acuífero del Valle del Río Cauca; se considera continuo, de extensión regional, lo constituye el relleno Cuaternario conformado hacia los bordes por Conos aluviales / Abanicos aluviales (Qca/Qaa) y hacia el centro por que descansa sobre rocas Terciarias, litológicamente lo componen capas lenticulares de gravas, arenas finas a gruesas con intercalaciones de arcillas, arcillas arenosas y limos.

El acuífero se divide en dos zonas (Norte y Sur), la zona de localización del área de influencia del proyecto en evaluación, pertenece a la Zona Sur, en este sector el espesor del acuífero varía entre 300 y 500 metros, correspondientes a las Unidades A, B y C.

**Unidad A:** Es la unidad más somera, tiene un espesor de 130 m, los primeros 70 m, con intercalaciones de arcillas arenosas y limos, que predominan sobre lentes de arena y grava y los últimos 60 m, por capas de arenas y gravas con delgadas intercalaciones arcillosas y algunos niveles de turbas. Los pozos que la captan producen caudales desde 10 hasta 260 l/s con un promedio de 120 l/s. Desarrolla principalmente acuíferos libres y semiconfinados, los valores de transmisividad varían entre 300 y 2800 m<sup>2</sup>/día y el coeficiente de almacenamiento entre 1.0E-02 hasta 7.0E-04.

**Unidad B:** Situada debajo de la Unidad A, consta de arcillas limosas, con delgadas intercalaciones de arenas y gravas, suelos fósiles y turba. El espesor varía desde 80 hasta 190 m. Por lo general esta unidad se comporta por sectores como un acuífero semiconfinado y confinado, desconociéndose sus parámetros hidráulicos.

**Unidad C:** Infrayace la Unidad B, sólo se encuentra en la margen derecha del Río Cauca, y es captada por varios pozos con caudales entre 20 y 100 l/s, algunos saltantes.

Según Azcuntar, 2009<sup>116</sup>, en el Valle del Cauca existen 94 pozos profundos que son utilizados para el abastecimiento público de 700.000 habitantes, con una capacidad instalada del orden de 1670 l/s. El agua subterránea que captan estos pozos es de buena calidad natural para consumo humano, limitada en algunas zonas por los relativos altos contenidos de alcalinidad, dureza, hierro, manganeso, fosfatos y gas sulfhídrico, que deben ser previamente tratados para su potabilización.

En la Tabla 191 se presenta el área y el porcentaje de estos sistemas acuíferos, con 23,43% en el AII y 20,09 en el AID del proyecto. Se consideran los de mayor importancia en la zona de evaluación, por su capacidad y su uso y se estima igualmente que podrían ser los de mayor sensibilidad.

---

<sup>116</sup> AZCUNTAR, O. 2009. Calidad y tratamiento del agua subterránea para abastecimiento público en el Valle del Cauca. CVC. III Congreso Colombiano de Hidrogeología. Bogotá.

## **Sistemas acuíferos de mediana productividad, capacidad específica entre 1.0 y 2.0 l/s/m**

Este sistema acuífero se ubica en el sector de la cuenca del Valle Superior del Magdalena, que separa las cordilleras Central y Oriental, en las rocas consolidadas del Terciario Inferior a Medio, dan origen a acuíferos de mediana productividad, correspondiendo a los Acuíferos de los grupos Gualanday y Honda, que por lo general conforman acuíferos de tipo libre a confinado, de extensión regional.

El **Acuífero Gualanday**, se establece en las formaciones conglomeráticas inferior y superior (Formación Chicoral y Formación Doima) del Grupo Gualanday, aflorante en alrededores de la represa de Betania, depositados en un ambiente fluvial; el espesor total del Grupo es cercano a los 2000 m, carece de estudios hidrogeológicos, pero por su litología se le considera continuo, de extensión regional con porosidad primaria, constituyendo sus afloramientos zonas de recarga de baja capacidad de infiltración. La parte media o Formación Potrerillo–Pgpo, es predominantemente arcilloso y se considera un acuitardo.

El Grupo Gualanday está constituido de base a techo por tres formaciones<sup>117</sup>: La unidad inferior denominada como Formación Chicoral - Tmgi, está conformada por materiales predominantemente gruesos, depositados en ambientes relacionados con ríos trenzados; este se divide tres: Miembros Palermo, Baché y Tesalia. El Miembro Palermo (Pgp), con espesores entre 20 y 60 m, está constituido por conglomerados estratificados en capas muy gruesas, en forma de cuña y lenticular, separados por niveles muy delgados de lodolitas rojizas y paleosuelos<sup>118</sup>. El Miembro Baché (Pgb/Tmgm) tiene 505 m de espesor y está constituido por intercalaciones de lodolitas rojizas y conglomerados en capas muy gruesas<sup>119</sup>. El Miembro Tesalia (Pgt) aflora en el área con espesor de 334 m y consta de conglomerados estratificados en capas gruesas a muy gruesas, de carácter lenticular, en cuña y a veces muy masivas<sup>120</sup>.

La unidad superior denominada como Formación Doima – PgNgd, tiene un espesor aproximado de 170 m y está constituida por conglomerados masivos con lentes arenosos irregulares, la matriz es arenosa sublífrica<sup>121</sup>.

De manera general las dos formaciones presentan alta compactación y cementación y con algunas fisuras por efectos de fallamiento y por tanto se consideran de baja porosidad primaria y secundaria y baja permeabilidad; como ya se mencionó, no existen estudios hidrogeológicos y por tanto sus parámetros hidráulicos se desconocen.

<sup>117</sup> INGEOMINAS, 2003. Geología de las Planchas 367 Gigante, 368 San Vicente del Caguán, 389 Timaná, 390 Puerto Rico, 391 Lusitania (parte noroccidental) y 414 El Doncello. Departamentos de Caquetá y Huila. Escala 1:100.000. Memoria Explicativa. Pág. 94.

<sup>118</sup> INGEOMINAS, 2002. Levantamiento geológico de la Plancha 323 Neiva. Escala 1:100.000. Memoria Explicativa. Pág. 57.

<sup>119</sup> *Ibíd.* Pág. 57

<sup>120</sup> *Ibíd.* Pág. 58.

<sup>121</sup> *Ibíd.* Pág. 60.

**Tabla 191 Sistemas acuíferos en el área de influencia del proyecto (AII – AID), área y porcentaje**

Sistema de Acuífero	Características de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas		Área de Influencia Indirecta		Área de Influencia Directa	
				(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
<b>SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO INTERGRANULAR</b>							
Acuíferos de Alta productividad capacidades específicas entre 2.0 y 5.0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional, depositados en un ambiente fluvial, conformados por sedimentos Cuaternarios de baja consolidación y depósitos Cuaternarios inconsolidados que desarrollan acuíferos de tipo libre, semiconfinado a confinado. Aguas recomendables para cualquier uso.	Qal(1)	Depósitos Aluviales del río Cauca	1.017,34	3,36%	19,06	2,63%
		Qca/Qaa	Conos aluviales / Abanicos antiguos	6.073,08	20,07%	126,79	17,47%
		TOTAL		7.090,41	23,43%	145,85	20,09%
Acuíferos de Mediana productividad capacidad específica entre 1.0 y 2.0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional, conformados por rocas Terciarias consolidadas, de ambiente fluvial, acuíferos de tipo libre y confinados con aguas recomendables para cualquier uso.	Ngh	Grupo Honda	125,64	0,42%	1,05	0,14%
		PgNgd	Formación Doima	40,26	0,13%	0,55	0,08%
		Pgt	Miembro Tesalia	70,53	0,23%	1,31	0,18%
		Pgb	Miembro Baché	70,79	0,23%	1,25	0,17%
		Pgp	Miembro Palermo	568,00	1,88%	14,55	2,00%
TOTAL		875,22	2,89%	18,71	2,58%		
Acuíferos de Baja productividad capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local, conformados por sedimentos Cuaternarios no consolidados, rocas Terciarias de baja a moderada consolidación de ambiente volcánico, fluvio-volcánico, fluvial, coluvioaluvial, fluvio-glacial y marinos que conforman acuíferos de tipo libre, confinado y	Qal/Qt	Depósitos aluviales, terrazas bajas	563,82	1,86%	11,70	1,61%
		Qtp	Terrazas pumíticas	70,53	0,23%	2,64	0,36%
		Qcag	Cono aluvial de Gaitania	14,11	0,05%	0,00	0,00%
		Qfg	Depósitos glaciales y fluvio-glaciares	624,91	2,07%	22,33	3,08%
		Qjer	Depósito de Jerusalén	1.129,36	3,73%	35,68	4,91%
		Qc	Depósitos coluviales	109,83	0,36%	8,44	1,16%

Sistema de Acuífero	Características de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas	Área de Influencia Indirecta		Área de Influencia Directa	
	semiconfinado. Almacenan aguas dulces recomendable para cualquier uso					
		TOTAL	2.512,56	8,30%	80,78	11,13%

Sistema de Acuífero	Características de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas		Área de Influencia Indirecta		Área de Influencia Directa	
ROCAS CON FLUJO A TRAVÉS DE FRACTURAS (ROCAS FRACTURADAS Y/O CARSTIFICADAS)				(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Acuíferos de mediana productividad capacidad específicas entre 1.0 y 2.0 l/s/m	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión semiregional a regional, conformado por rocas sedimentarias clásticas de edad cretácica, depositadas en ambiente marino. Acuíferos generalmente confinados con aguas recomendables para cualquier uso.	Kc	Formación Caballos	113,42	0,37%	3,45	0,48%
		TOTAL		113,42	0,37%	3,45	0,48%
Acuíferos de baja productividad capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a regional, conformados por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas de edades Cretácica, Triásico y Paleozoico consolidadas de ambiente marino. Acuíferos generalmente de tipo confinado con aguas recomendadas para cualquier uso.	Krsqb	Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco	31,59	0,10%	0,50	0,07%
		Ko-Kt	Grupo Olini - Formación La Tabla	657,02	2,17%	32,29	4,45%
		Trp	Formación Payandé	391,56	1,29%	10,15	1,40%
		PEa	Complejo Aleluya	23,02	0,08%	0,00	0,00%
		TOTAL		1.103,18	3,65%	42,94	5,92%

Sistema de Acuífero	Características de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas	Área de Influencia Indirecta	Área de Influencia Directa
---------------------	----------------------------------	--------------------------	------------------------------	----------------------------

Sistema de Acuífero	Características de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas		Área de Influencia Indirecta		Área de Influencia Directa	
<b>SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>							
Acuíferos con muy baja productividad y capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m. Acuitardos	Complejo de rocas lutíticas de edad Cretácica y Terciaria de origen marino a transicional y continental, consolidadas, rocas Terciarias poco consolidadas de origen marino, transicional y continental y depósitos Cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres y fluviolacustres. Se comportan básicamente como acuitardos	Pgpo	Formación Potrerillo	66,89	0,22%	1,46	0,20%
		KPgs	Formación Seca	450,33	1,49%	1,80	0,25%
		Kh-Kl	Formación Hondita - Formación Loma Gorda	865,52	2,86%	16,53	2,28%
		<b>TOTAL</b>		1.382,74	4,57%	19,78	2,72%
Sistema de Acuífero	Características de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas		Área de Influencia Indirecta		Área de Influencia Directa	
Acuíferos con muy baja productividad y capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m. Acuífugos	Complejo de rocas ígneas, metamórficas, volcánicas muy compactas y en ocasiones fracturadas, del Precámbrico, Paleozoico, Jura - triásico Cretácico y Neógeno. Se comportan básicamente como acuífugos	Tad	Rocas Hipoabisales	33,43	0,11%	1,17	0,16%
		Ki	Rocas intrusivas	34,27	0,11%	0,93	0,13%
		Kiba	Complejo Barroso - Amaime	704,75	2,33%	28,50	3,93%
		Ji	Batolito de Ibagué	11.060,98	36,55%	251,85	34,69%
		PTRcd	Batolito de Santa Bárbara	185,65	0,61%	2,62	0,36%
		Js	Formación Saldaña	2.082,30	6,88%	43,79	6,03%
		Pzb	Grupo Bugalagrande	52,98	0,18%	1,78	0,25%
		PZmc	Complejo Cajamarca	2.395,36	7,92%	70,85	9,76%
		Pzba	Complejo Bolo Azul	341,06	1,13%	8,62	1,19%
		PCAi	Complejo Icarco	291,77	0,96%	4,26	0,59%
		<b>TOTAL</b>		17.182,55	56,78%	414,38	57,09%

Sistema de Acuífero	Características de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas	Área de Influencia Indirecta		Área de Influencia Directa	
<b>AREA TOTAL</b>			<b>30.260,09</b>	<b>100,00%</b>	<b>725,90</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El **Acuífero Honda - Ngh**, se encuentra representado por rocas del Grupo Honda que afloran cerca del embalse de Betania, en el departamento del Huila, la parte inferior es predominantemente arenosa y la parte superior es de carácter predominantemente arcilloso, yaciendo discordantemente sobre el Grupo Gualanday, este grupo se depositó en abanicos aluviales coalescentes y sistemas de ríos trenzados durante el Terciario Medio; se considera con buenas posibilidades de explotación, especialmente los niveles inferiores. Es explotado mediante pozos y aljibes, en algunos sectores se profundiza a más de 800 metros lo que dificulta su captación.

Los niveles inferiores, lo componen areniscas de grano medio a grueso, color gris, verdoso y blanco, en capas gruesas a muy gruesas; compuestas de cuarzo, líticos, feldespato, biotita y anfíbol; la matriz es arcillosa y la cementación es regular y están separadas por niveles de arcillolitas rojas, se observa lentes conglomeráticos en las areniscas y son de tono rojizo, compuestos por chert negro en gran porcentaje y cuarzo, se presenta la denominada textura sal y pimienta y concreciones del mismo material con cemento calcáreo, tiene un espesor de aproximadamente 250 m.

Los niveles superiores, están constituidos por arcillolitas plásticas, de color rojo, verde y rojo moteado de blanco, estratificadas en capas muy gruesas a potentes; localmente varían a limolitas, con trazas de piritita y moscovita, en algunos sitios se presentan lentes de conglomerados finos entre las limolitas, tiene un espesor cercano a los 800 m.

El acuífero es continuo, de extensión regional, de tipo confinado a semiconfinado con porosidad primaria, en los pozos Babillas 1 y 2 de la firma Hocol, ubicados en la margen izquierda del Río Magdalena, que captan la parte inferior del acuífero, el nivel piezométrico se halla entre 20 y 25 m. de profundidad y producen caudales hasta de 80 l/s con capacidades específicas entre 1.5 y 2.0 l/s/m, pero en general los caudales explotados varían alrededor de 20 a 25 l/s. La transmisividad varía de 40 a 350 m<sup>2</sup>/día y su coeficiente de almacenamiento es de 1.0E-05, típica de acuíferos confinados.

En la Tabla 191 se presenta el área y el porcentaje de estos sistemas acuíferos, con 2,89% en el AII y 2,58% en el AID del proyecto. Estos acuíferos desde su capacidad son de moderada importancia, aunque no se tiene información de inventario de puntos de agua, se considera que estos pueden tener un buen uso dentro de la zona.

#### **Sistemas acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m**

Corresponde a sistemas acuíferos discontinuos de extensión local, conformados principalmente por sedimentos neógenos y cuaternarios, de ambiente volcánico, fluvio volcánico, fluvial, fluvioglacial, coluvial y marino, que generan acuíferos de tipo libre, semiconfinado a confinado, en menor proporción algunas rocas sedimentarias cretácicas porosas. Se presentan aisladamente Depósitos aluviales (Qal), terrazas bajas (Qt), Conos aluviales/abanicos antiguos (Qca/Qaa), Terrazas pumíticas (Qtp), depósitos glaciares y fluvioglaciares (Qfg), depósitos coluviales (Qc), el Cono Aluvial de Gaitania (Qcag), el Depósito de Jerusalén (Qjer). De estos acuíferos no existen estudios hidrogeológicos, por tanto se desconocen sus parámetros hidráulicos.

Los **acuíferos aluviales y de terrazas – Qal, Qt**, están asociados a los cauces de los tributarios de los ríos Magdalena y Cauca, ubicados en los flancos de la cordillera Central y Valle del Magdalena, conforman pequeños y estrechos valles de corta longitud, con profundidades que no exceden los 10 m, labrados sobre diferentes tipos de rocas, litológicamente están compuestos por sedimentos no consolidados de arenas gruesas a finas, limos y arcillas con fragmentos de rocas ígneas y metamórficas, en general de tipo libre, discontinuos, de extensión local y de baja productividad, con una capacidad específica estimada entre 0.05 y 1.0 l/s/m. Su recarga proviene de la precipitación y de las corrientes superficiales en las épocas de lluvia, donde el flujo subterráneo tanto vertical como horizontal es de carácter local; durante las épocas de sequía, la mayoría de estos acuíferos aportan agua al flujo base de las corrientes superficiales.

En este mismo sistema acuífero se involucran las **Terrazas pumíticas – Qtp**, que corresponden a depósitos de arenas pumíticas de grano grueso a fino con matriz arcillosa, intercaladas con aglomerados de guijos, también se presentan intercalaciones de capas medias a gruesas de arcillas de tonos verdosos y crema, su distribución está restringida a las márgenes de los ríos Páez e Iquira, también al este de la población Valencia – La Paz en Iquira, son producto del depósito aluvial de estos drenajes o de la erosión de materiales volcánicos y de flujos piroclásticos antiguos<sup>122</sup>. Igualmente los **Conos aluviales / Abanicos aluviales – Qca/Qaa, los Depósitos coluviales - Qc**, que afloran puntualmente y de muy poca extensión en diferentes sectores de la zona de evaluación. Las características hidrogeológicas de estos acuíferos se desconocen casi por completo por carecer de estudios.

El **Depósito de Jerusalén - Qjer**, se localiza al sureste de Gaitania y sobre él están localizados los caseríos de Puerto Tolima y Jerusalén, este depósito con un espesor aproximado de 20 m, está constituido por intercalaciones de arenas, lodolitas y gravas. Las gravas son de tamaño gránulo - guijo, matriz soportadas, ocasionalmente tamaño bloque hasta de 20 cm en una matriz de arena gruesa a muy gruesa. Los lodos son primordialmente limolitas de color pardo claro a oscuro con restos de plantas y esporádicos niveles de arenas de grano fino.

Los sedimentos fueron depositados por el río Claro y antiguos lagos ya extintos<sup>123</sup>, el **Cono aluvial de Gaitania - Qcag**, con similares características de origen aluvio coluvial ubicado en cercanías al área urbana de Gaitania, está formado por conglomerados tamaño guijarro a bloques con bordes angulares formado casi exclusivamente por calizas y mármoles, tiene espesor máximo de 20 m<sup>124</sup>, por las características litológicas de estos depósitos podría conformar un acuífero de baja productividad.

Los **Depósitos glaciares y fluvioglaciares (Qfg)** se localizan en la cuenca alta del río Hereje correspondiente a la zona del Páramo Meridiano, en los predios Auxilio- Auxilio1, Meridiano y Porvenir del municipio de Rioblanco y en la cuenca alta del río Bolo en la

<sup>122</sup>INGEOMINAS, 1999. Mapa geológico de Colombia. Plancha 344 Tesalia. Escala 1:100000. Memoria Explicativa. Pág. 80.

<sup>123</sup>INGEOMINAS, 2003 (1). Levantamiento geológico plancha 322 Santa María. Escala 1: 100.000. Memoria Explicativa. Pág. 55.

<sup>124</sup>Ibid. Pág. 58.

zona de la cuchilla y Páramo de Mendoza en la vereda Bolo Azul, del municipio de Pradera. Estas acumulaciones se derivaron de las glaciaciones cuaternarias, cuyos rastros se observan en la parte alta de la cordillera, bajo formas de topografías abruptas y dentadas, valles en U, valles colgados, estrías y otros rasgos menores.

Algunos de estos depósitos son materiales glaciares retrabajados por los ríos y forman terrazas de algunas decenas de metros de espesor, como es el caso de la meseta donde está asentada la población de La Herrera. Están constituidos por cantos y bloques, angulares a subangulares, de rocas ígneas intrusivas y porfiríticas y en menor proporción metamórficas (esquistos), englobados en una matriz de grava, arena y a veces material arcilloso, transportados y acumulados por las masas glaciares. También incluyen depósitos fluvioglaciares originados por el retrabajamiento de los depósitos morrénicos debido a la acción erosiva de las corrientes de agua, siendo de mayor tamaño y espesor, los que se localizan sobre el cauce del río Hereje y los localizados en la vertiente norte del río Bolo. Por las características litológicas podría conformar un acuífero de baja productividad y no se identificó su uso en la región.

En la Tabla 191, se presenta el área y el porcentaje de estos sistemas acuíferos, con 8,30% en el AII y 11,13% en el AID del proyecto, por su capacidad estos acuíferos son de moderada a baja importancia; es probable que tampoco tengan mucho uso, se consideran de moderada a baja sensibilidad.

- **Rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas)**

Corresponde con sistemas acuíferos discontinuos de extensión local, conformados por rocas sedimentarias carbonatadas Cretácicas y Triásicas consolidadas de ambiente marino. Acuíferos generalmente confinados con aguas recomendables para cualquier uso.

**Sistemas acuíferos de mediana productividad, capacidad específicas entre 1.0 y 2.0 l/s/m**

Corresponde a sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a semiregional, conformados por rocas sedimentarias clásticas de edad Cretácica, consolidadas de ambiente marino, con porosidad secundaria y primaria. Acuíferos generalmente confinados con aguas recomendables para cualquier uso. Dentro de este sistema hidrogeológico se encuentra el acuífero de la Formación Caballos.

El **acuífero de la Formación Caballos - Kc**, aflora en varios sectores de la cuenca del Valle Superior del Magdalena, como franjas en sentido NE-SW. En el sector de Teruel y al oeste de Yaguará están conformadas de base a techo por una secuencia de arenitas líticas, cuarzosas y cuarzofeldespáticas de grano fino a grueso e incluso conglomerático, con algunas intercalaciones delgadas de lodolitas carbonosas; en la parte intermedia consta de capas gruesas de arcillolitas y lodolitas, intercaladas con capas delgadas de calizas micríticas, láminas de carbón y niveles delgados de arenitas finas a muy finas cuarzosas y en el segmento superior las arenitas pasan a ser de grano grueso hasta conglomeráticas; en las arenitas es evidente la presencia de glauconita. El espesor varía

entre 110 y 290 m, depositada en ambiente transgresivo a marino somero durante el Cretáceo Inferior.

A pesar de carecer de estudios hidrogeológicos, se considera un acuífero potencial con porosidad secundaria por fracturamiento discontinuo, de extensión semiregional a regional. Sus afloramientos constituyen importantes zonas de recarga de alta capacidad de infiltración, el basamento impermeable son rocas Cretácicas conformadas por sedimentos fundamentalmente arcillolíticos, arenosos y rocas intrusivas ígneas Jurásicas. En el Proyecto INGEOMINAS - CAM (1998)<sup>125</sup> se inventariaron tres manantiales que captan este acuífero, con un caudal de 0,1 l/s.

En la Tabla 191 se presenta el área y el porcentaje de estos sistemas acuíferos, con 0,37% en el AII y 0,48 en el AID del proyecto, en el área de influencia del proyecto, se considera que pueden ser de moderada sensibilidad por su bajo porcentaje de extensión.

### **Sistemas acuíferos de baja productividad, capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m**

Corresponde a sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a regional, conformados por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas de edad Cretácica, Triásica y Paleozoica, consolidadas, de ambiente marino, con porosidad secundaria por fracturamiento y carstificación; afloran como franjas en sentido noreste-suroeste conformando los flancos de los pliegues estructurales en la cuenca del valle superior del Magdalena, en el sector de Teruel, Yaguará y Palermo. De estos acuíferos no existen estudios hidrogeológicos, por tanto se desconocen sus parámetros hidráulicos.

El **acuífero de la Formación Payandé – Trp**, se presenta en el sector de Teruel, Santa María, en el Departamento del Huila, consta de calizas afaníticas negras a gris oscuras, masivas, con algunos niveles bioclásticos, brechas, conglomerados, lutitas y margas, con un espesor total de 700 m, depositados durante el Triásico. Este acuífero presenta una porosidad secundaria debido al fracturamiento y al intenso desarrollo de una carstificación por disolución de calizas, con la formación de numerosas cavernas, dolinas, cimas y valles ciegos, considerándose por lo tanto, de carácter discontinuo y extensión regional, con alta capacidad de infiltración. El **Complejo Aleluya - PEa**, con unos pocos afloramientos cerca de Palermo en el Huila, también está compuesto por rocas calcáreas, que pueden presentar similar comportamiento hidrogeológico a las rocas del acuífero Payandé, lo componen una asociación de mármoles, metareniscas, cuarcitas y rocas ígneas que intruyen las rocas metamórficas, sin relación ordenada<sup>126</sup>.

Las siguientes unidades, están compuestas por rocas clásticas, en menor proporción carbonatadas, de edad Cretácicas de origen marino, sus parámetros hidráulicos se desconocen por cuanto no se han ejecutado estudios hidrogeológicos pero por sus características litológicas y su fracturamiento, podrían conformar potenciales acuíferos de baja productividad por porosidad secundaria y primaria.

<sup>125</sup> Óp. Cit. INGEOMINAS, 2004 (1).

<sup>126</sup> Óp. Cit. INGEOMINAS, 2003 (1). Pág. 32.

El **acuífero de la Formación La Tabla- Kt**, consta de una secuencia monótona de capas gruesas de areniscas cuarzosa, de grano fino a medio y a veces conglomeráticos con gránulos de cuarzo y chert, en matriz silíceas, con desarrollo de porosidad secundaria por fracturamiento, haciendo parte de la amplia estructura del sinclinal de Tesalia, en el departamento del Huila, presenta un espesor aproximado de 220 m. **Las Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco - Krsqb**, corresponden a una secuencia de areniscas cuarzosas de matriz calcárea, grano fino a medio, con glauconita; niveles de shales con concreciones; shales negros, intercaladas con calizas grises y niveles de chert y limolitas negras no físisiles<sup>127</sup>, denominadas así localmente, aflorantes como una franja NE-SW, en el sector de Planadas Tolima y según su autor se correlaciona con las formaciones Caballos, Hondita, Loma Gorda y La Tabla y el Grupo Olini y por ello se infieren comportamientos hidrogeológicos similares.

En la Tabla 191 se presenta el área y el porcentaje de estos sistemas acuíferos, con 3,65% en el AII y 5,92 en el AID del proyecto; en general estos acuíferos pueden presentar de mediana a baja sensibilidad ya que tienen un bajo porcentaje de extensión.

- **Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea**

- **Sistemas acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m, que se comportan como acuitardos**

Corresponde a un complejo de rocas de baja permeabilidad, compuesto principalmente por material lutítico de baja competencia de edad Cretácica, consolidadas de origen marino, Terciarias de origen transicional continental y en menor proporción sedimentos no consolidados de origen fluviolacustres, por estar compuestas principalmente por materiales arcillo-limosos, se consideran principalmente como acuitardos.

En este sistema se ubican, la Formaciones Hondita – Formación Loma Gorda - Kh-KI, Grupo Olini - Ko, Formación Seca – KPgs y Formación Potrerillo – Pgp. Las unidades Cretácicas y Terciarias, se presentan principalmente hacia la cuenca del Valle Superior del Magdalena.

En la Tabla 191 se presenta el área y el porcentaje de estos sistemas acuitardos, con 4,57% en el AII y 2,75% en el AID del proyecto, desde el punto de vista hidrogeológico no revisten importancia y su sensibilidad y extensión son bajas.

- **Sistemas acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m, que se comportan como acuífugos**

Corresponde a un complejo de rocas ígneas, metamórficas, volcánicas, muy compactas y en ocasiones fracturadas, del Precámbrico, Paleozoico, Triásico- Jurásico, Cretácico que se consideran básicamente impermeables, la mayoría ubicados en el sector de la Cordillera Central, se involucran igualmente algunos cuerpos intrusivos. Por sus

<sup>127</sup> Óp. Cit. INGEOMINAS, 2003 (1). Pág. 50.

características litológicas se consideran fundamentalmente como acuífugos y abarcan la mayor parte de la zona de evaluación.

Estos son: Complejo Icarco, Complejo Bolo Azul, Complejo Cajamarca, Grupo Bugalagrande, Formación Saldaña, Batolito de Santa Bárbara, Batolito de Ibagué, Complejo Barroso – Amaime y Cuerpos intrusivos Menores.

En la Tabla 191 se presenta el área y el porcentaje de estos sistemas acuífugos, con 56,78% en el AII y 57,09% en el AID del proyecto, desde el punto de vista hidrogeológico no revisten importancia, su sensibilidad es baja y se extienden ampliamente en el área total del proyecto.

### **3.2.6.2 Inventario de puntos de agua subterránea**

El inventario es un método de recopilación y análisis de los datos relacionados con la hidrogeología y que proceden de la información de usuarios de los denominados puntos de agua (lugares donde se tiene un acceso directo o indirecto a un acuífero determinado, como son pozos, aljibes y manantiales), es el sistema más idóneo para empezar a conocer rápidamente las características hidrogeológicas de una zona dada.

En sentido estricto se puede definir un punto de agua como un lugar, obra civil o circunstancia que permita un acceso directo o indirecto al acuífero que se considere, estas son las perforaciones existentes ya sean o no explotadas, abandonadas o destruidas (pozos y aljibes), y las fuentes o surgencias que deben considerarse como aliviaderos naturales de los acuíferos (manantiales).

El inventario de puntos de agua subterránea para el EIA de la Línea Eléctrica Tesalia – Alférez 230 kV, se realizó en dos fases, la primera durante los días 18 de marzo a 5 de abril de 2013, en periodo seco y la segunda durante el día 2 de octubre del mismo año, y la tercera durante el día 06 de Junio de 2014. Se hallaron diez y seis (16) puntos de agua subterránea, correspondientes a manantiales, los cuales se encuentran ubicados a los largo del área de influencia del proyecto. Los puntos inventariados se resumen en la Tabla 192 y su localización se puede observar en la Figura 241.

La información se registró en fichas, las cuales se adjuntan en el Anexo C1-07-01 donde se incluyó información correspondiente a localización, características constructivas, usos del agua, caudal de explotación, nivel estático, propiedades físicas in situ, entre otros aspectos propios de cada punto.

**Tabla 192 Puntos de agua subterránea inventariados en el área de influencia del proyecto**

ID	Departamento	Municipio	Vereda	Predio	TIPO	Coord. Este	Coord. Norte	Distancia a torre / plaza de tendido
M001	HUILA	ÍQUIRA	Santa Lucia	Noe Trujillo	Nacadero	829413	778167	250.18 m a la Torre T-32 y 2048.98 m a la Plaza de Tendido 3
M002	TOLIMA	RIO BLANCO	Territorios Nacionales	CorTolima	Nacadero	787503	858179	369.89 m a la Torre T-265 y 9580.19 m a la Plaza de Tendido 14
M003		RIO BLANCO	Territorios Nacionales	El venado	Nacadero	795097	855191	312.23 m a la Torre T-245 y 5064.41 m a la Plaza de Tendido 13
M004		PLANADAS	Puerto Tolima			Nacadero	824981	824449

ID	Departamento	Municipio	Vereda	Predio	TIPO	Coord. Este	Coord. Norte	Distancia a torre / plaza de tendido
								Plaza de Tendido 8
M005		PLANADAS	El Diamante		Nacadero	824726	835953	388.54 m a la Torre T-143 y 6751.82 m a la Plaza de Tendido 8
M006		PLANADAS	El Diamante		Nacadero	823736	835916	454.44 m a la Torre T-169 y 5281.75 m a la Plaza de Tendido 8
M007		PLANADAS	El Jardín		Nacadero	822396	840181	269.34 m a la Torre T-179 y 6076.60 m a la Plaza de Tendido 9
M008	Valle del Cauca	CANDELARIA	La Solorza		Nacadero	748730	860876	146.77 m a la Torre T-355 y 1501.72

ID	Departamento	Municipio	Vereda	Predio	TIPO	Coord. Este	Coord. Norte	Distancia a torre / plaza de tendido
								m a la Plaza de Tendido 19
M009		CANDELARIA	La Solorza		Nacadero	748733	860886	136.05 m a la Torre T-355 y 1502.03 m a la Plaza de Tendido 19
M011	TOLIMA	RIO BLANCO	Territorios Nacionales	Predio de Omar Henao	Nacadero	791740	856262.3	129.30 m a la Torre T-254 y 8518.61 m a la Plaza de Tendido 13
M012		RIO BLANCO	Territorios Nacionales	Predio de Luis Tique	Nacadero	792544.1	856125.4	154.89 m a la Torre T-253 y 7703.01 m a la Plaza de Tendido 13
M013		RIO BLANCO	Campo Hermoso	Predio de Luis Tique	Nacadero	800763.5	854979.7	329.15 m a la Torre T-249 y

ID	Departamento	Municipio	Vereda	Predio	TIPO	Coord. Este	Coord. Norte	Distancia a torre / plaza de tendido
								6502.95 m a la Plaza de Tendido 13
M014		RIO BLANCO	Territorios Nacionales	El Venao	Nacadero	795018.7	855214.5	331.87 m a la Torre T-246 y 5143.43 m a la Plaza de Tendido 13
M015		RIO BLANCO	Territorios Nacionales	Predio de José Hernández, Carlos y Cesar Trancoso	Nacadero	797595.9	855152.5	260.49 m a la Torre T-239 y 2568.35 m a la Plaza de Tendido 13
M016	Valle del Cauca	PRADERA	C. El retiro	Angel Yustic	Nacadero	769768.9	872626.8	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

De la información de puntos de agua subterránea disponible de las autoridades ambientales regionales, solo se tuvo acceso a la información de inventario de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, para lo cual se hallaron 30 puntos (ver Mapa Hidrogeológico), ubicados en los municipios de Santiago de Cali, Candelaria y Florida, que corresponden en su totalidad a pozos profundos. De estos pozos se usan 28 pozos para riego, 2 pozos para abastecimiento público y 1 pozo para uso industrial; los caudales de explotación varían entre 0,5 y 178 l/s y el nivel estático se ubica entre 0,1 y 23,5 m. Los puntos inventariados se resumen en la Tabla 193 y su localización se puede observar en la Figura 241.

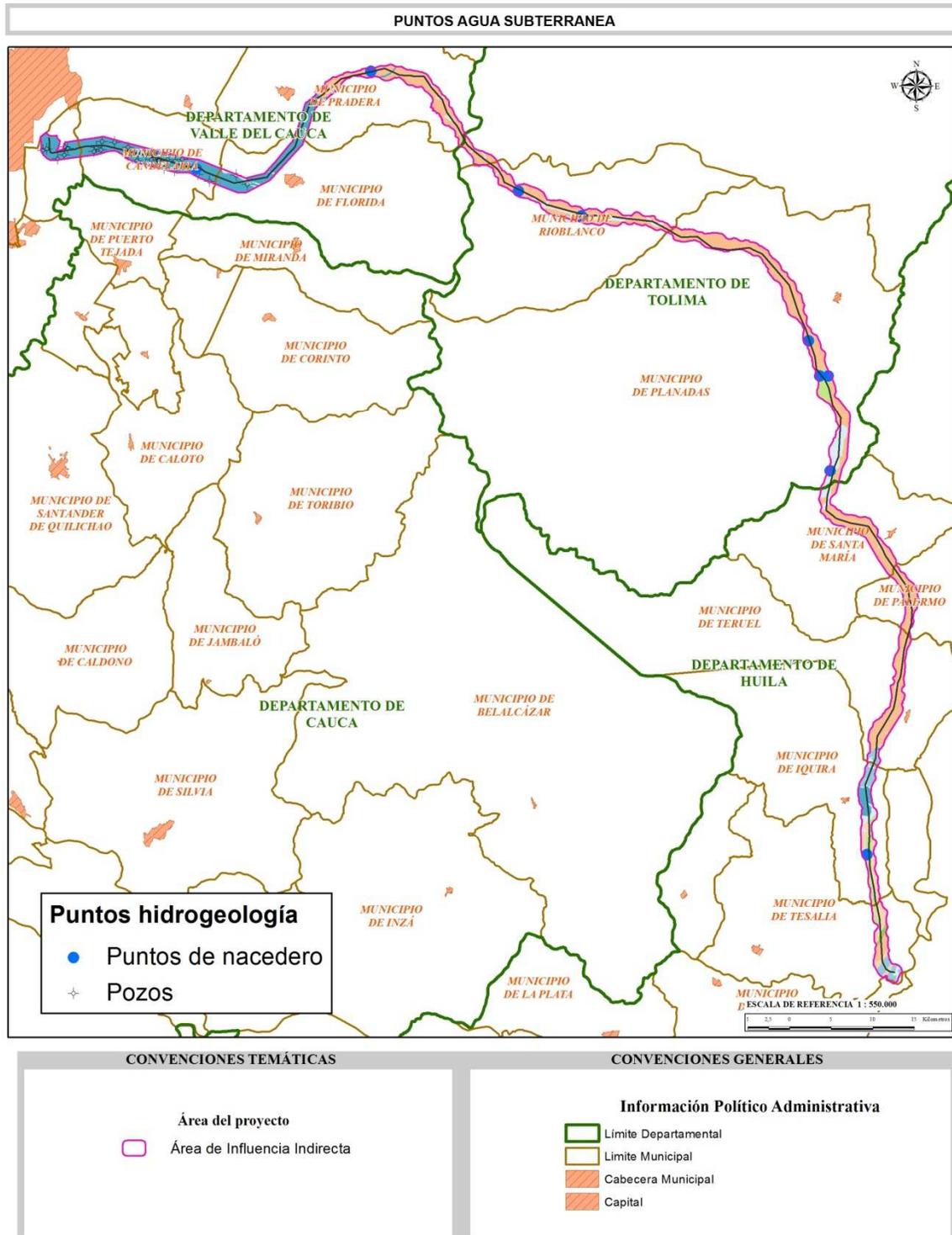
**Tabla 193 Inventario de puntos de agua subterránea Datum Bogotá origen Este**

ID	Municipio	Predio	Coord. Este	Coord. Norte	Nivel estático	Caudal (l/s)	Uso
Vc-105	Santiago de Cali	Morgan	733.273	863.376	1,57		Pozo - Riego
Vc-113	Santiago de Cali	Jauja	730.759	863.325	3,46		Pozo - Riego
Vc-479	Santiago de Cali	Palmas de Morgan	732.894	862.549	5	75,7	Pozo - Riego
Vc-527	Santiago de Cali	Villa Rica	732.962	863.558	4	56,8	Pozo - Riego
Vc-757	Santiago de Cali	Vereda Morgan	732.086	862.100			Pozo - Abastecimiento público
Vcn-109	Candelaria	Pastorrico	746.241	861.841	14,5	63	Pozo - Riego
Vcn-111	Candelaria	Aranjuez No,1	741.833	862.656	2,84		Pozo - Riego
Vcn-118	Candelaria	Caserío La Solorza	748.420	860.695	2,78		Pozo - Abastecimiento público
Vcn-138	Candelaria	Cexpro	737.285	863.162	3,95	130	Pozo - Riego
Vcn-159	Candelaria	La Esperanza	740.551	863.479	8,72		Pozo - Riego
Vcn-187	Candelaria	La Pedrera	743.442	862.783	13,6	102	Pozo - Riego
Vcn-202	Candelaria	La Cecilia	736.438	862.968	6,83	126,48	Pozo - Riego
Vcn-217	Candelaria	Villa Lucia	750.348	859.393	5,8		Pozo - Riego
Vcn-240	Candelaria	El Llanito	736.723	863.500	4,7	50,7	Pozo - Riego
Vcn-261	Candelaria	La Esperanza	740.575	862.472	5,7	114	Pozo - Riego
Vcn-346	Candelaria	La Pedrera	742.691	862.619	6,5	115	Pozo - Riego
Vcn-359	Candelaria	Canadá	748.958	860.250	8,5	1,42	Pozo - Riego
Vcn-363	Candelaria	Pichucho	745.284	862.018	11,45		Pozo - Riego
Vcn-382	Candelaria	El Edén	738.949	864.099	7,4	126,2	Pozo - Riego
Vcn-397	Candelaria	Los Almendros	737.436	864.181	1,9		Pozo - Riego

ID	Municipio	Predio	Coord. Este	Coord. Norte	Nivel estático	Caudal (l/s)	Uso
Vcn-403	Candelaria	Aranjuez Lote #2	741.643	861.870	17,35		Pozo - Riego
Vcn-421	Candelaria	Madroñal	744.878	860.996	8,5		Pozo - Riego
Vcn-425	Candelaria	La Palmera	743.338	861.993	11,55		Pozo - Riego
Vcn-431	Candelaria	Hda Las Violetas	744.001	862.290	5,23		Pozo - Riego
Vcn-434	Candelaria	Pastorrico	746.131	860.713	7	107,55	Pozo - Riego
Vcn-506	Candelaria	Hda Madroñal	744.257	861.886	17,4	100,9	Pozo - Riego
Vcn-7	Candelaria	Madroñal	744.267	861.887	15,61	150	Pozo - Riego
Vcn-91	Candelaria	Granja El Triunfo	747.089	862.078	2		Industrial
Vf-28	Florida	Hda Calanda	754.913	859.049	14,45	126,16	Pozo - Riego
Vf-63	Florida	Ing., María Luisa No,3	753.533	860.125	17,1	114,1	Pozo - Riego

Fuente: Inventario de puntos de agua CVC

**Figura 241 Localización de los puntos de agua subterránea área de estudio**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Zona Resguardo Las Mercedes – Páramo Meridiano y Municipio de Pradera**

En la zona del Resguardo Las Mercedes – Páramo Meridiano, la identificación de los puntos de agua subterránea, se realizó durante los días 27 y 30 de septiembre de 2013, y 01 de octubre del mismo año. Se identificaron cuatro (4) puntos de agua subterránea, correspondientes a manantiales.

Para el municipio de Pradera la identificación de los puntos de agua subterránea se realizó el día 06 de junio donde se encontró un (1) punto de agua subterránea correspondiente a manantial.

Los puntos inventariados se resumen en la Tabla 192, se presentan en la Foto 285 a la Foto 289 y su localización se puede observar en la Figura 241.

**Tabla 194 Inventario de puntos de agua subterránea Datum Bogotá origen Este**

Departamento	Municipio	Vereda	Predio	Tipo	Coord. Este
TOLIMA	RIO BLANCO	Las Mercedes	Resguardo Mercedes	Nacedero	799779.8
				Nacedero	800331.2
				Nacedero	801009.1
				Nacedero	799917.1
VALLE DEL CAUCA	PRADERA	Corregimiento El Retiro	Angel Yustic	Nacedero	797595.9

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 285 Nacedero 1**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 286 Nacedero 2**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 287 Nacedero 3**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 288 Nacedero 4**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Foto 289 Nacedero 5**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **3.2.6.3 Zonas de recarga de los acuíferos y descarga y dirección de flujo del agua subterránea**

La principal fuente de recarga de los acuíferos la constituyen las precipitaciones, pero el porcentaje de precipitación que se infiltra en el subsuelo y recarga los acuíferos depende de varios factores, en primer lugar de la evapotranspiración, de sí afloran o no las rocas permeables, de la presencia de zonas fracturadas por presencia de fallas geológicas, de las estructuras de las secuencias de rocas sedimentarias que constituyen acuíferos, del grado de fracturamiento de las rocas permeables, de las características del suelo (es decir, si este es permeable o impermeable), de la presencia de vegetación (la ausencia de vegetación tiende a favorecer la escorrentía y a desfavorecer la infiltración) y de la morfología del terreno (los terrenos planos y las zonas de cambio de pendiente entre zonas montañosas y planas favorecen la infiltración).

Atendiendo a estos conceptos, las principales zonas de recarga de los acuíferos en la región donde se localiza el proyecto la constituyen los bordes del Valle Superior del Magdalena, las zonas de falla que lo atraviesan, las zonas montañosas donde están presentes las crestas de anticlinales conformados por unidades litoestratigráficas permeables, los sectores donde hay cambios de pendiente entre las zonas montañosas y planas, y las zonas planas o suavemente onduladas donde se encuentran depósitos cuaternarios ubicadas en el Valle del Cauca.

Los bordes del Valle Superior del Magdalena son una importante zona de recarga porque allí se localizan las trazas de las fallas de La Plata, al occidente y de Pitalito-Garzón-Algeciras (al oriente), y por presentar un cambio fuerte de pendiente entre las laderas de las cordilleras Oriental y Central y las áreas laterales del valle. Adicionalmente, en estas zonas las rocas se encuentran fracturadas por la presencia de fallas, lo cual es un factor favorable para la infiltración; revisten importancia las zonas afectadas por las fallas de Puerto Tolima, El Fraile – La Pava, Pedernal y Corozal, localizadas al interior del valle, conformando normalmente zonas de roca fracturada.

Debe tenerse en cuenta que las fallas operan como zona de recarga, siempre y cuando afecten materiales permeables. Si una falla pone en contacto materiales permeables e impermeables, se comportará como una zona de recarga para los materiales permeables y a la vez como una barrera hidrogeológica, pues el agua no migrará a través de los materiales impermeables.

Las áreas montañosas son también importantes zonas de recarga, particularmente en el Alto de La Hocha donde se encuentra la cresta del anticlinal de La Hocha, donde están presentes rocas de las formaciones Saldaña, Caballos y Tesalia.

De igual manera las áreas montañosas donde se encuentran escarpes de rocas permeables, se constituyen en zona de recarga como ocurre en la loma de La Cruz, ubicada en el municipio de Santa María.

Las zonas planas correspondientes a la expresión morfológica de los depósitos aluviales, fluvio-terrestres, y las zonas de cambio de pendiente entre estas y las zonas montañosas, son también sitios de recarga de los niveles permeables de estos depósitos cuaternarios.

Otras fuentes de recarga de acuíferos son las corrientes superficiales de agua, siempre que entren en contacto con los niveles permeables, como ocurre frecuentemente en las zonas montañosas.

Los acuíferos libres de los depósitos cuaternarios pueden ser recargados por los acuíferos de las secuencias de rocas sedimentarias, siempre que la disposición estructural de los estratos sea favorable, como puede ocurrir con niveles permeables de algunas terrazas del río Páez, recargados por acuíferos de las unidades cretáceas y terciarias.

Se destaca la zona de recarga del acuífero del valle del río Cauca recargada principalmente por la escorrentía superficial y el agua lluvia que se infiltra en las zonas de recarga, conformada principalmente por los conos aluviales y las formaciones Terciarias permeables situadas a lo largo del piedemonte de las dos cordilleras, y en menor proporción en la parte plana, por la infiltración directa del río Cauca en algunos sectores, por la infiltración directa del agua lluvia y el retorno de las aguas de riego. La descarga se da de manera artificial por explotación de un gran número de pozos y aljibes, la cual se incrementa anualmente de acuerdo a la siguiente relación, de los inventarios realizados por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, en el año 1979 el número de captaciones alcanzaba la cifra de 1240, para el año 1981 ascendió a 1377, en el año 1989 la cifra reportada fue de 1836, para el año 1990 el número de captaciones aumento a 1918 y para el año 2000 la cifra total llega a las 2500 captaciones.

El flujo subterráneo regional en los acuíferos del valle del río Cauca es de tipo radial convergente hacia el centro de la cuenca, donde se encuentra su principal zona de almacenamiento. De acuerdo al análisis de los niveles estáticos medidos en el año 2000 por la CVC, en algunos pozos, estos fluctúan entre 2.0 y 5.0 m de profundidad y en aquellas zonas afectadas en su gran mayoría por el intenso bombeo, los niveles presentan descensos entre 10 y 20 m.

En el Valle del Cauca, existen gran cantidad de captaciones de agua subterránea a través principalmente de pozos profundos, aunque de desconocer la presencia de captaciones en el Valle Superior del Magdalena es posible que también se presente un buen número de estas.

- **Áreas de recarga de los acuíferos porosos**

Las principales áreas de recarga son aquellas donde se encuentran los acuíferos porosos y ocurre principalmente cuando están presentes suelos de textura gruesa, no arcillosos, que permiten la percolación del agua hacia los niveles inferiores donde se encuentran los acuíferos. Esta situación se presenta principalmente en las superficies planas a ligeramente onduladas desarrolladas sobre depósitos cuaternarios (depósitos aluviales, terrazas aluviales, depósito de Jerusalén, cono aluvial de Gaitanía, otros conos aluviales y abanicos antiguos).

El agua lluvia que cae sobre los suelos que cubren los acuíferos porosos o con flujo intergranular, tiene la posibilidad de llegar hasta los niveles acuíferos si el suelo es de carácter permeable o semipermeable, o estancarse en el suelo formando charcos durante tiempo limitado e infiltrándose en mínima cantidad, si el suelo es impermeable. En este último caso, el agua estancada terminará evaporándose por la acción del sol. Si el acuífero no cuenta con cobertura de suelo, el agua se infiltrará recargándolo directamente.

Otra fuente de recarga son las corrientes superficiales que cruzan los depósitos cuaternarios donde se encuentran los acuíferos porosos, durante los periodos de lluvia principalmente. La recarga puede darse por infiltración vertical (efecto sumidero) o por propagación lateral, por contacto de la corriente de agua con el nivel acuífero, cuando se

presentas crecientes o ascensos del nivel del agua. En tiempos de sequía es normal que estos acuíferos alimenten o recarguen las corrientes superficiales.

- **Áreas de recarga a los acuíferos fisurados**

Las áreas de recarga de los acuíferos fisurados son de poca extensión y se localizan principalmente en el Alto de La Hocha en el municipio de Tesalia y en la Cuchilla de Peña Negra en el municipio de Rioblanco.

El agua lluvia que cae sobre estas áreas se infiltra principalmente a través de las fisuras y planos de estratificación, teniendo también la posibilidad de infiltrarse a través de los granos de cuarzo tamaño arena, y recargando por tanto los estratos de arenisca.

- **Áreas de recarga a las capas semiconfinantes**

Las capas semiconfinantes admiten recarga de las precipitaciones y de las corrientes superficiales.

El agua de las precipitaciones puede recargar estos niveles semipermeables, si estos se encuentran cubiertos por suelos permeables y hay presencia de vegetación, ya que la ausencia de cobertura vegetal y de suelo, favorecen la escorrentía. De igual manera, puede existir recarga, si estos niveles están en contacto con corrientes superficiales de agua. En general, la recarga es limitada, si la roca se encuentra masiva, pero tenderá a incrementarse por la presencia de fracturas.

Las áreas con recarga hacia las capas semiconfinantes con flujo discontinuo, incluye aquellas donde afloran o están presentes las formaciones Doima, Honda y Tesalia.

- **Áreas sin recarga**

Las áreas con muy baja recarga o sin recarga, son aquellas donde están presentes las unidades geológicas de carácter impermeable, o capas confinantes, como ocurre con los depósitos de coluvión, las formaciones Seca y Saldaña, así como en las unidades de rocas Jurásicas, Paleozoicas y Precámbricas. La poca recarga que pueda darse en estas capas ocurre por las fracturas que las rocas de estas unidades puedan tener.

- **Zonas de descarga de acuíferos**

La descarga natural de los acuíferos ocurre en general en forma difusa y a través de manantiales. La descarga difusa se evapora o alimenta los cuerpos de agua superficiales (ríos o lagos). La descarga por medio de manantiales está condicionada por la topografía, la estructura geológica y las variaciones horizontales o verticales de la permeabilidad de las rocas. Adicionalmente la ubicación de las zonas fracturadas en los niveles permeables, incide también en la ubicación de puntos de descarga del agua subterránea.

La descarga de los acuíferos y capas semiconfinantes se realiza por evapotranspiración de las plantas, en zonas donde están relativamente superficiales y bajo el efecto de la

acción de las raíces de las mismas. También se realiza descarga hacia zonas con niveles freáticos que alcanzan la superficie, como serían algunos pantanos, ciénagas o humedales, desde donde se evapora el agua y también es transpirada por la vegetación presente. Otro método de descarga, el más común, se realiza por alimentación de las corrientes superficiales, con agua subterránea, como flujo base.

- **Direcciones del flujo**

Las direcciones de flujo son diferentes para cada tipo de acuífero, es decir, las direcciones de flujo de un acuífero libre son diferentes de las de los acuíferos confinados y semiconfinados. Las direcciones de flujo en los acuíferos de la zona se establecen de manera conceptual, atendiendo fundamentalmente a aspectos estructurales, en especial a la disposición de los flancos de los pliegues anticlinales y sinclinales que afectan la secuencia de rocas sedimentarias donde se encuentran los acuíferos fisurados y las capas semipermeables.

En los acuíferos porosos, las direcciones de flujos normalmente son perpendiculares y en dirección hacia las corrientes superficiales de agua adyacentes o que interceptan los depósitos cuaternarios en los cuales se encuentran. En los acuíferos fisurados y en las capas semipermeables, las direcciones de flujos tienden a ser paralelas o coincidentes con las direcciones de buzamiento de las secuencias de estratos en las cuales se encuentran, sin descartar, que también pueden presentar flujo de agua hacia niveles más profundos, siguiendo trayectorias aproximadamente verticales.

- **Síntesis**

Con base en información geológica, en la zona del proyecto se diferencian las unidades hidrogeológicas de: Acuíferos Porosos, Acuíferos Fisurados, Capas Semiconfinantes y Capas Confinantes. Los acuíferos porosos o de flujo intergranular se encuentran en los depósitos aluviales, terrazas aluviales, depósito de Jerusalén, cono aluvial de Gaitanía, otros conos aluviales y abanicos antiguos. Son acuíferos libres de poca extensión, razón por la cual se estima que presentan baja producción de agua subterránea. Reciben recarga de la lluvia principalmente, pero también pueden recibirla de las corrientes superficiales que las originaron o las interceptan. En tiempos de sequía, normalmente recargan las corrientes superficiales que los interceptan.

Se diferenciaron los acuíferos fisurados conformados por los estratos de arenisca fracturada de las formaciones Saldaña y Caballos. Son acuíferos confinados de bajo espesor, que afloran en franjas angostas de terreno, razón por la cual se estima que reciben poca recarga de las precipitaciones.

Se diferenciaron cinco capas semipermeables o semiconfinantes conformadas por las formaciones Doima, Honda, Tesalia, las cuales pueden almacenar y transmitir agua en poca cantidad. Sin embargo, por su litología (de areniscas inmaduras, conglomerados con una alta proporción de limos y arcillas y arcillolitas) y espesor de 1550 m, muy superior al probado, se clasificaron como semipermeable o semiconfinante.

Para la formación Honda, es de tipo semipermeable. Las unidades litológicas correspondientes a coluviones, formaciones Seca y Saldaña, rocas Jurásicas, Paleozoicas y Precámbricas, se clasificaron como capas impermeables o confinantes.

Las áreas de recarga hacia los acuíferos porosos corresponden a las superficies desarrolladas sobre los depósitos cuaternarios donde se encuentran y a las zonas de los depósitos que entran en contacto con las aguas de las corrientes superficiales.

Las áreas de recarga de los acuíferos fisurados son de poca extensión y se localizan principalmente en Alto de La Hocha, en el municipio de Tesalia y en la Cuchilla de Peña Negra en el municipio de Rioblanco.

Las áreas de recarga de las capas semipermeables o semiconfinantes son extensas y por eso revisten importancia ya que pueden almacenar agua y transmitirla en forma lenta.

Donde se encuentran las unidades impermeables diferenciadas como capas confinantes, se estima que la infiltración de agua es baja y ocurre fundamentalmente por las fracturas que las afectan.

La descarga del agua subterránea ocurre por medio del flujo base, por evaporación, evapotranspiración y por medio de manantiales o nacimientos, pozos profundos y aljibes.

#### **3.2.6.4 Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación**

Existen varias metodologías para la determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, entre ellas la de Foster (1987), en CEPIS, 1992<sup>128</sup> que establece el término vulnerabilidad a la contaminación del acuífero para representar las características intrínsecas que determinan la susceptibilidad de un acuífero a ser adversamente afectado por una carga contaminante, estableciendo la facilidad con la cual ingresan las sustancias que puedan degradar la calidad del agua subterránea, mediante infiltración a través del suelo y la zona no saturada.

Foster (1987) también sugiere que la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos debe ser la medida según: 1) El grado de inaccesibilidad de los contaminantes a través de la zona no saturada de un acuífero y 2) El grado de atenuación a la contaminación que posean los estratos de la zona no saturada (retención o reacción fisicoquímica). Así, la susceptibilidad de los acuíferos a la contaminación, se considera como una función de las propiedades intrínsecas del suelo y del estrato litológico que comprende la zona no saturada.

Los métodos para la determinación de la vulnerabilidad de acuíferos, difieren en los parámetros utilizados para su determinación. El método “GOD” propuesto por Foster (1987) - y mencionado por el Ministerio del Medio Ambiente en 2002<sup>129</sup> y 2010<sup>130</sup>, para

<sup>128</sup>CEPIS. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Lima, 1992.

<sup>129</sup>Ministerio del Medio Ambiente. Formulación de Proyectos de Protección Integrada de Aguas Subterráneas. Bogotá, 2002.

evaluar áreas con escasa información, con regular distribución de datos y con incertidumbre de los mismos, considera los siguientes parámetros de evaluación:

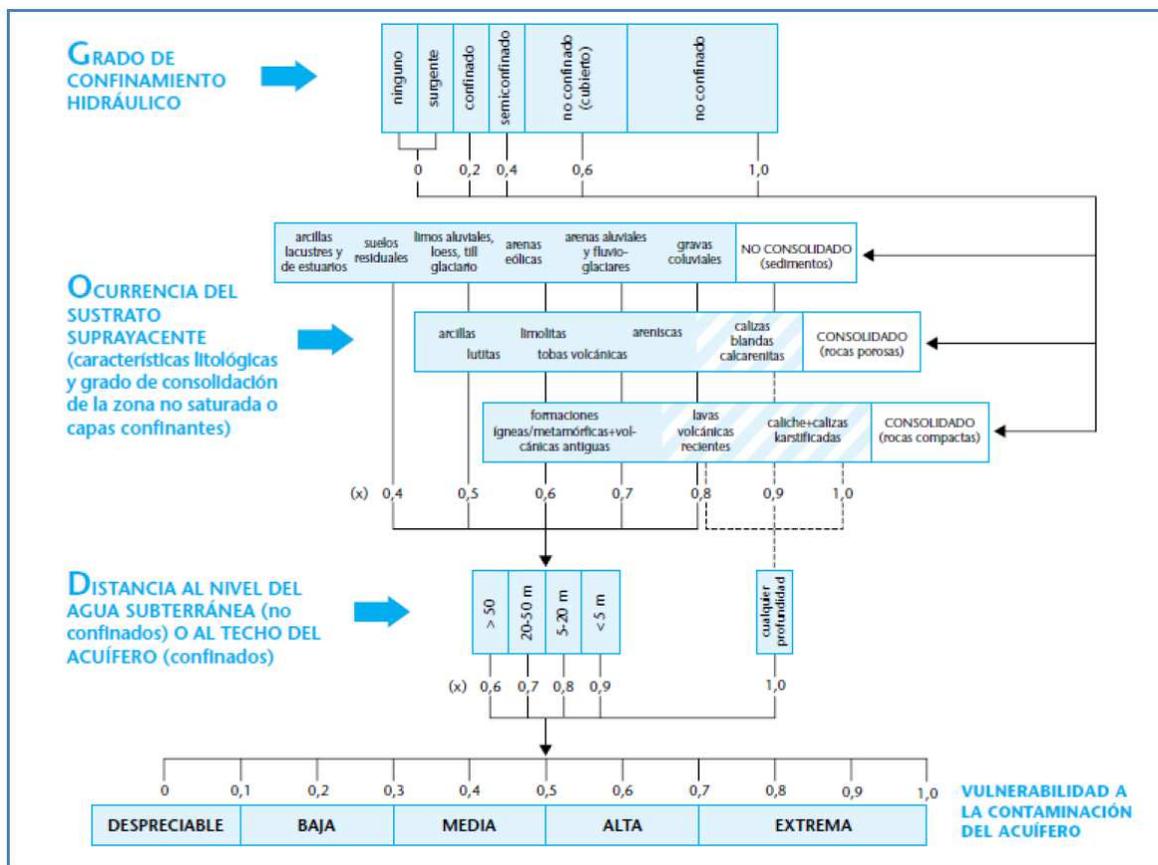
- **Groundwater – G:** Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinado, confinado y sin presencia de acuífero.
- **Overall - O:** Este parámetro incluye una caracterización global de la zona que suprayace al acuífero, en cuanto a la naturaleza litológica, al grado de consolidación y el fracturamiento de la roca.
- **Depth - D:** Profundidad del nivel freático en acuíferos libres o profundidad del estrato litológico confinante en acuíferos confinados.

Cada característica se sintetiza en coberturas cuya indexación final genera el *mapa de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación*. En esta metodología se han establecido escalas numéricas para valorar cada parámetro de acuerdo con su capacidad de atenuación de contaminantes. El grado de vulnerabilidad total se determina multiplicando los valores asignados a cada parámetro, obteniéndose valores de 0 a 1, donde el cero "0" indica una *vulnerabilidad despreciable* y el "1" una *vulnerabilidad extrema a la contaminación*. Los valores de los parámetros propuestos por este método se muestran en la Figura 242.

---

<sup>130</sup>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección de Ecosistemas – Grupo de Recurso Hídrico. Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación. Septiembre de 2010.

**Figura 242 Sistema de indexación GOD, para la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación**



Fuente: Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, MAVDT, Septiembre de 2010

Custodio y Llamas (1995)<sup>131</sup>, definen las siguientes categorías de vulnerabilidad, de acuerdo con el método de indexación GOD:

- **Acuíferos con Vulnerabilidad Extrema** (índices entre 0,7 y 1,0), se consideran susceptibles a la mayoría de contaminantes y con impacto relativamente rápido, en muchos escenarios de contaminación.
- **Acuíferos con Vulnerabilidad Alta** (índices entre 0,5 y 0,7), son vulnerables a muchos contaminantes, excepto a los absorbibles y/o fácilmente transformables, en muchos escenarios de contaminación.
- **Acuíferos con Vulnerabilidad Moderada** (índices entre 0,3 y 0,5), son vulnerables a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.

<sup>131</sup>CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. Hidrología Subterránea. Primera Edición. Barcelona: Omega, 1976. 750 Pág. 758

- **Acuíferos con Vulnerabilidad Baja** (índices entre 0,1 y 0,3) son vulnerables a contaminantes conservativos, cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo.
- e. **Acuíferos con Despreciable Vulnerabilidad** (índices entre 0 y 1), las capas confinantes no permiten un flujo significativo hacia el acuífero.

La metodología para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca, se enfoca hacia los acuíferos más someros o la parte más superficial de los acuíferos de interés, ya que se considera que las características de la zona no saturada, son las que finalmente determinan el grado de protección, porque son los más susceptibles a ser afectados adversamente por una carga contaminante y una vez contaminados, este fenómeno se puede inducir fácilmente hacia los horizontes profundos.

- **Valoración de los Parámetros de la Metodología “GOD”**

La información que genera el mapa de vulnerabilidad, partió del análisis de datos relacionados con la caracterización de las unidades Geológicas e Hidrogeológicas para la Zona de Influencia Indirecta y el mapa de curvas de nivel.

- **Condición del acuífero - Parámetro “G”**

Para el Parámetro “G” Grado de confinamiento Hidráulico: Se presentan cuatro tipos de ocurrencia del agua subterránea, correspondiente a los sistemas acuíferos presentes.

Sistemas acuíferos de muy alta productividad: Se presenta en el graben del Cauca - Patía, corresponde a un acuífero de alto potencial hidrogeológico, que ha sido definido como el acuífero del Valle del Río Cauca; se considera continuo, de extensión regional, lo constituye el relleno Cuaternario conformado hacia los bordes por Conos aluviales / Abanicos aluviales (Qca/Qaa) y hacia el centro por que descansa sobre rocas Terciarias, litológicamente lo componen capas lenticulares de gravas, arenas finas a gruesas con intercalaciones de arcillas, arcillas arenosas y limos. Para el Sistema Hidrogeológico se asignó el valor de parámetro de **0,7 y 0,8** ya que corresponde con acuíferos libres, aunque también presentan intercalaciones de niveles arcillosos y en la zona de influencia alimentan varios manantiales.

Sistemas acuíferos de mediana productividad: Conformado por rocas consolidadas del Terciario Inferior a Medio, de ambiente fluvial, las cuales dan origen a acuíferos de mediana productividad, correspondiendo a los Acuíferos de los grupos Gualanday Honda, que por lo general conforman acuíferos de tipo libre a confinado, de extensión regional, con porosidad primaria y secundaria principalmente. Comprende los acuíferos del Grupo Chicoral con sus formaciones Palermo, Baché, Tesalia y la Formación Doima A este sistema se asignó el valor de parámetro de **0,6 y 0,3**, para la zona de evaluación de influencia directa, se presentan puntos de surgencia del agua subterránea (manantiales) en este sistema acuífero.

Sistemas acuíferos de baja productividad: Corresponde a sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a semirregional dependiendo de la unidad acuífera, presentan

porosidad primaria, baja a mediana productividad, conformados principalmente por sedimentos neógenos y cuaternarios, de ambiente volcánico, fluvio volcánico, fluvial, fluvioglaciario, coluvial y marino, que generan acuíferos de tipo libre, semiconfinado a confinado, en menor proporción algunas rocas sedimentarias cretácicas porosas. Se presentan aisladamente Depósitos aluviales, terrazas bajas –Qal, Terrazas asociadas al río Páez y cuerpos de agua intramontanos (Qt), Terrazas pumíticas – Qtp, el Cono Aluvial de Gaitania – Qcag, depósitos glaciares y fluvioglaciares - Qfg, el Depósito de Jerusalén – Qjer, depósitos coluviales Qc. Para el Sistema Hidrogeológico se asignó el valor de parámetro de **0,8** ya que corresponde con acuíferos libres, aunque también presentan intercalaciones de niveles arcillosos,—para la zona de influencia alimentan varios manantiales.

Sistemas acuíferos de mediana productividad en rocas con flujo esencialmente a través de fracturas, con capacidad específicas entre 1.0 y 2.0 l/s/m: Corresponde a sistemas acuíferos discontinuos de extensión semiregional a regional, conformados por rocas sedimentarias clásticas de edad cretácica, depositadas en ambiente marino, son acuíferos generalmente confinados con aguas recomendables para cualquier uso. Para el Sistema Hidrogeológico se asignó el valor de parámetro de **0,3** ya que sus afloramientos constituyen zonas de baja capacidad de infiltración.

Sistemas acuíferos de baja productividad en rocas con flujo esencialmente a través de fracturas: Corresponden a sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a regional, conformados por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas de edades Cretácica, Triásico y Paleozoico consolidadas de ambiente marino. Acuíferos generalmente de tipo confinado con aguas recomendadas para cualquier uso. El parámetro de valor adjudicado para el sistema es de **0,3 y 0,2**, sus afloramientos constituyen zonas de baja capacidad de infiltración.

Sistemas acuíferos con muy baja productividad que se comportan como acuitardos: Corresponden a un complejo de rocas de baja permeabilidad de edad Cretácico - Terciario donde se ubican las formaciones Seca y Potrerillo. Para el valor de parámetro se asignó **0,1** ya que por estar compuestas principalmente por materiales arcillosos, se consideran principalmente como acuitardos.

Sistemas acuíferos con muy baja productividad que se comportan como acuíferos: Corresponden a un complejo de rocas impermeables, con capacidad específica promedio menor de 0.05 l/s/m, de edad Precámbrico a Cretáceo inferior, correspondiente con las rocas del basamento cordillerano, donde se ubican los complejos metamórficos de anfíbolitas, esquistos y neises, rocas ígneas intrusivas e hipoabisales, y rocas volcánicas sedimentarias muy compactas y en ocasiones fracturadas de edad Jurásica. Para el valor de parámetro se asignó **0,1** y se consideran principalmente como acuíferos.

La asignación de valores de parámetro “G” para cada Sistema Hidrogeológico se muestra en la Tabla 195 y la Figura 243.

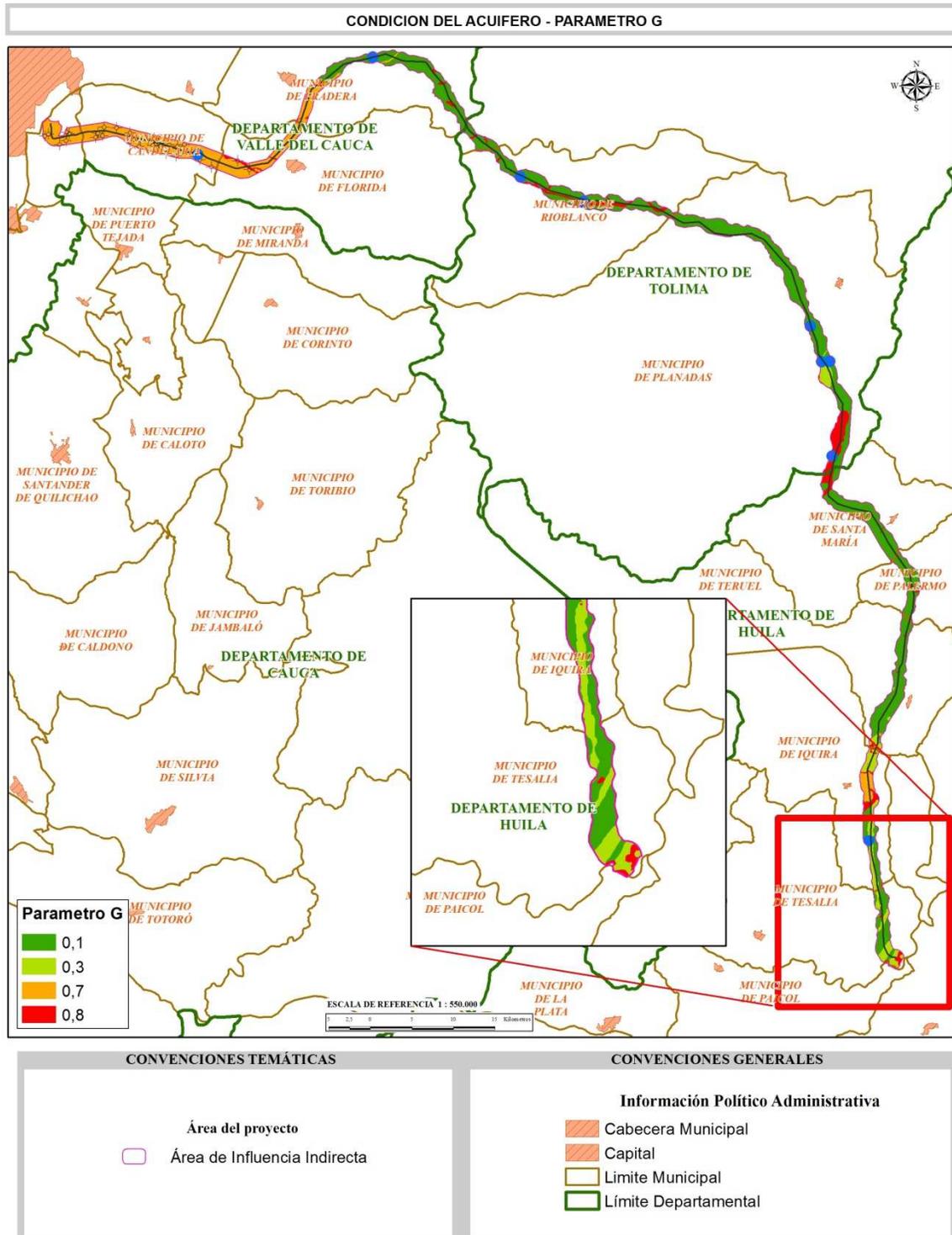
**Tabla 195 Asignación de índices, Parámetros “G”**

Unidad Hidrogeológica	Tipo de Acuífero	PAR_G
-----------------------	------------------	-------

Unidad Hidrogeológica	Tipo de Acuífero	PAR_G
Qca/Qaa, Qal1	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional pueden comportarse como acuíferos de tipo libre, aunque también presentan intercalaciones de niveles arcillosos.	0,7 0,8
Ngh, PgNgd, Pgt, Pgb, Pgp	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional pueden comportarse como acuíferos de tipo libre a confinado, con porosidad primaria.	0,6 0,3
Qal, Qt, Qtp, Qcag, Qfg, Qjer, Qc	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a semiregional, presentan porosidad primaria, baja a mediana productividad, conformados por sedimentos neógenos y cuaternarios, de ambiente volcánico, fluvio volcánico, fluvial, fluvioglaciario, coluvial y marino, que generan acuíferos de tipo libre, semiconfinado a confinado, con algunas capas arcillosas semiconfinantes.	0,8
Kc	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión semiregional a regional, conformados por rocas sedimentarias clásticas de edad cretácica, depositadas en ambiente marino, son acuíferos generalmente confinados con aguas recomendables para cualquier uso	0,3
Krsqb, Ko-Kt, Trp, PEa	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a semiregional, con porosidad primaria generalmente confinados.	0,3 0,2
Pgpo, KPgs, Kh-Kl	Complejo de rocas lutíticas de la edad Cretácea y Terciaria que se comportan como acuitardos.	0,1
Kiba, Ki, Js, Tad, Pzb, PZmc, Pzba, PTRcd, Ji, PCAi	Sistemas acuíferos de muy baja productividad, corresponden a un complejo de rocas impermeables que conforman el basamento cordillerano y que se comportan como acuífugos.	0,1

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

**Figura 243 Mapa de Condición del Acuífero - Parámetro "G"**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

• **Predominio litológico de la zona no saturada - Parámetro “O”**

Para el parámetro “O” Litología Predominante sobre Acuífero, que determina la accesibilidad de la zona saturada del acuífero a la penetración de contaminantes, en un sentido hidráulico y la capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada resultantes de la retención o reacción físico-química de los contaminantes, para la determinación del parámetro se usó la información de la descripción litológica de las unidades geológicas respectivas.

La caracterización de los estratos encima de la zona saturada del acuífero, se puede hacer en términos del grado de consolidación (presencia o ausencia de permeabilidad por fisuración), y del carácter litológico (porosidad relativa, permeabilidad, contenido de humedad de la zona no saturada), los mecanismos de recarga del agua subterránea y la capacidad de atenuación natural del perfil de suelo a los contaminantes varían ampliamente con las condiciones geológicas cercanas a la superficie del terreno.

Para la zona de estudio de la línea de transmisión a 230 kV Tesalia - Alférez se asignaron valores de parámetro de 0,5 a 0,7, a los sedimentos no consolidados correspondientes a limos aluviales, y rocas como arcillolitas y lutitas, o arenas finas y arcillas en matriz limosa o arcillo limosa se asignó el valor de parámetro **0,5** ya que presentan baja permeabilidad; para las arenas y gravas aluviales en matriz arcillosa, rocas areniscas, arenas conglomeráticas en matriz arcillosa o arcillo limosa, gravas arenosas en matriz arcillosa, fisurada y porosa se asignó el valor de **0,6**; finalmente para intercalaciones de arcillas, gravas y/o arenas, rocas porosas tipo areniscas con presencia de gravas y bloques angulares y redondeados de diversos tamaños, arenas finas en matriz limosa o limos con intercalaciones arenosas y gravas, aluviales compuestos de gravas arenosas en matriz arcillosas seguidos por intercalaciones de areniscas fueron asignados con el valor de **0,7**. (Ver Tabla 196 y Figura 244).

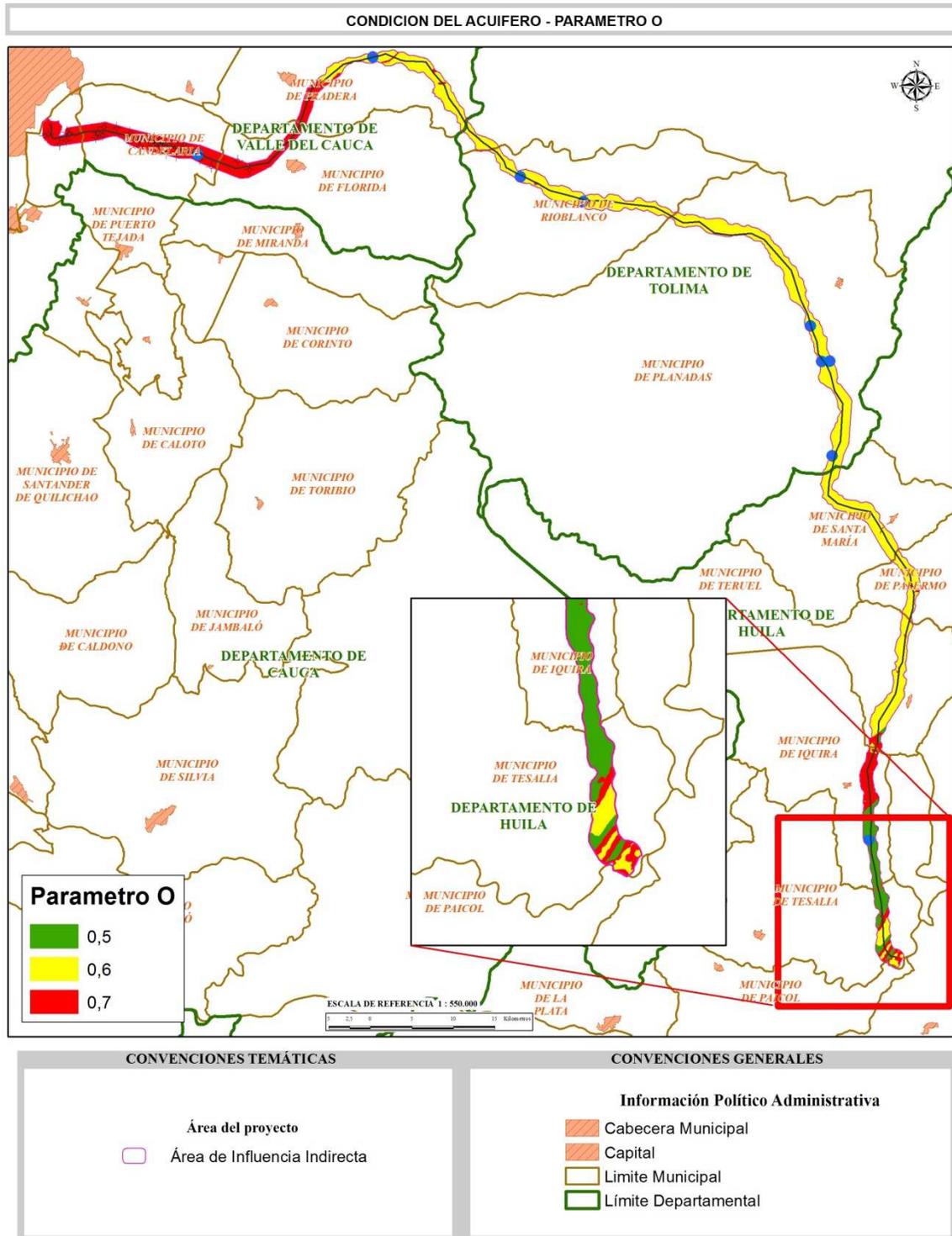
**Tabla 196**Asignación de índices, Parámetros “O” según litología de las Unidades Geológicas

Unidad Geológica	Litología	PAR_O
Pgpo, Pgb KPgs, Ko-Kt, Kh-Kl	Constituido por rocas con alternancia de arcillolitas, lodolitas, areniscas, areniscas lodosas y conglomerados arenosos, en donde predominan las arcillolitas y lodolitas.	0,5
Ngh, Qtp, Qfg, Qjer, Pgb, Krsqb, Ko-Kt, Trp, Pea, Kiba, Ki, Js, Tad, Pzb, PZmc, Pzba, PTRcd, Ji, PCAi	Arcillolitas, conglomerados y areniscas, por sectores tienen fragmentos de cuarzo tamaño arena gruesa; se presentan canales de conglomerados con estratificación cruzada, los conglomerados están compuestos por guijos finos a medios y se presentan capas medianas de areniscas que se intercalan con arcillosas. También formaciones ígneas, metamórficas y volcánicas antiguas.	0,6

Qal, Qal1, Qca/Qaa, PgNgd, Pgt, Pgp, Qt, Qfg, Qjer, Qc, Kc, Krsqb	Conformados por sedimentos no consolidados con predominio de limos aluviales, gravas y grandes bloques subangulares clasto soportados, de rocas metamórficas graníticas y tobas en matriz areno arcillosa y areno guijosa y algunos niveles arenosos. También rocas con secuencias de conglomerados polimicticos estratificados en capas muy gruesas lenticulares, separados por niveles de areniscas en capas delgadas. Los conglomerados están compuestos por guijos de cuarzo lechoso, chert negro, con matriz de arena fina y cemento ferruginoso y areniscas cuarzosas de grano fino a conglomeratico.	0,7
--	---	-----

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

**Figura 244 Mapa predominio litológico de la zona no saturada, Parámetro “O”**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

- **Profundidad de la tabla de agua - Parámetro “D”**

Este parámetro se estableció a partir de información obtenida del inventario de puntos de agua subterránea, en donde se reportan diez (10) nacedores, de las unidades geológicas del All de la línea de transmisión a 230 kV Tesalia-Alfárez y de las curvas de nivel del mapa topográfico, así como a partir de la información de concesiones de aguas subterráneas que se localizan en los municipios de la zona de influencia del proyecto. Estos registros fueron suministrados por la CVC por solicitud expresa del Consultor y corresponde a la indicada en la Tabla 193.

Por tanto se asignaron valores 1,0, para la tabla de agua con profundidades entre 0 y 2 metros, asociados a los sistemas acuíferos correspondientes a los depósitos Cuaternarios en donde se localizaron la mayor surgencia de manantiales, igual valor se asignó parcialmente a los acuíferos Terciarios, donde se hallaron surgencia de manantiales, la mayor parte generalmente es en las zonas más disectadas, casi en contacto con los depósitos Cuaternarios. Con valores de 0,6 con niveles de la tabla de agua entre 20-50 metros de profundidad, se calificó el acuífero de depósitos de abanicos, donde se midió el nivel a 23 metros desde la superficie del terreno, y en otras unidades terciarias no muy altas topográficamente donde podría estimar que el nivel de la tabla de agua se hallaba en este rango y relacionado con el entorno especialmente con el nivel base de los ríos. Con valores de 0,5 se calificaron las zonas topográficamente más altas donde se considera que el nivel de la tabla de agua debe estar más profundo, aproximadamente entre 50 y 100 metros de profundidad relacionada con acuíferos Terciarios y con valor de 0,4 estas mismas zonas pero relacionadas con unidades de rocas volcanosedimentarias y del basamento.

En la Tabla 197, se presentan las calificaciones dadas a los manantiales, en la Figura 245, la distribución areal asignada a este parámetro y en la Tabla 198, la asignación del parámetro en cada unidad litológica según la estimación del posible nivel de la tabla de agua de acuerdo con su posición topográfica.

**Tabla 197 Asignación de índices, Parámetros “D”**

Identificación	Coor. Magna Bogotá Sirgas		PAR_D
	Norte	Este	
M001	778.167	829.413	0,5
M002	858.179	787.503	0,6
M003	855.191	795.097	1,0
M004	824.449	824.981	0,5
M005	835.953	824.726	0,4
M006	835.916	823.736	0,4
M007	840.181	822.396	0,5
M008	860.876	748.730	1,0
M009	860.886	748.733	1,0

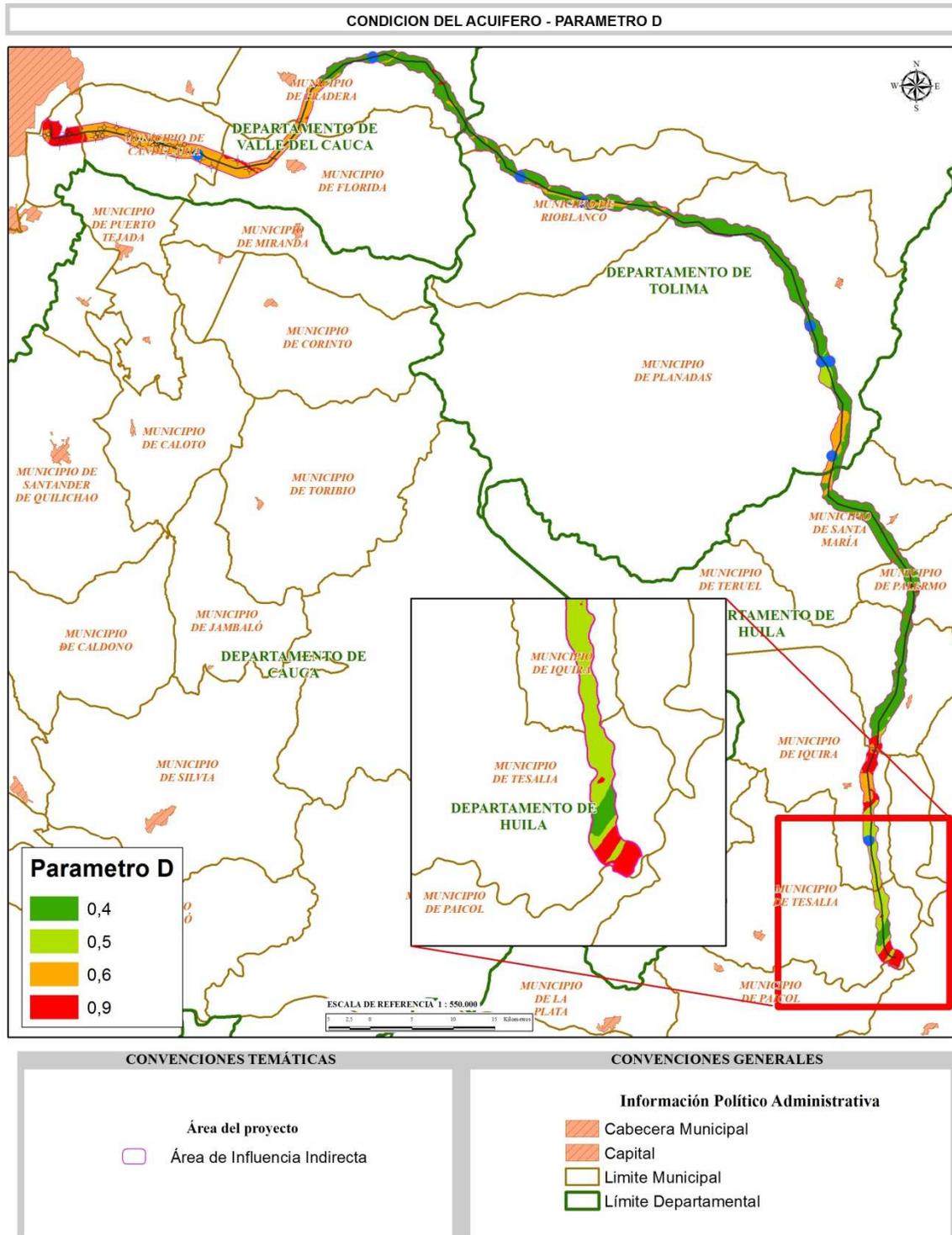
Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

**Tabla 198 Asignación de índices, Parámetros “D” según profundidad de la tabla de agua estimada de acuerdo a la posición topográfica de las Unidades Geológicas**

Unidad Geológica	Litología	PAR_D
Qal, Qal(1), Qc, Ngh, PgNgd, Pgt, Pgb, Pgp	Zonas topográficamente bajas donde se considera que el nivel de la tabla de agua puede presentarse con profundidades entre 0 y 2 metros, asociadas a los sistemas acuíferos correspondientes a los depósitos Cuaternarios en donde se localizaron la mayor surgencia de manantiales, igual valor se asignó parcialmente a los acuíferos Terciarios, donde se hallaron surgencia de manantiales, la mayor parte generalmente es en las zonas más disectadas, casi en contacto con los depósitos Cuaternarios.	0,9
Qca/Qaa, Qt, Qtp, Qcag, Qfg, Qjer	Zonas topográficamente de altura media donde se podría estimar que el niveles de la tabla de agua puede encontrarse en el rango 20-50 metros de profundidad, se calificó los acuíferos de los depósitos de abanicos, terrazas, conos, y en otras unidades donde se podría estimar que el nivel de la tabla de agua se halla en este rango, relacionado con el entorno y especialmente con el nivel base de los ríos.	0,6
Kc, Krsqb, Ko- Kt, Trp, Pea, Pgpo, KPgs, Kh-KI	Zonas topográficamente más altas donde se considera que el nivel de la tabla de agua debe estar más profundo, aproximadamente entre 50 y 100 metros de profundidad, o mayor, relacionadas con unidades litológicas Terciarias y Cretáceas, principalmente.	0,5
Kiba, Ki, Js, Tad, Pzb, PZmc, Pzba, PTRcd, Ji, PCAI	Zonas topográficamente más altas donde se considera que el nivel de la tabla de agua debe estar más profundo, aproximadamente entre 50 y 100 metros de profundidad, o mayor relacionadas con unidades de rocas volcanosedimentarias y del basamento.	0,4

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

Figura 245 Mapa de profundidad de la tabla de agua, Parámetro “D”



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

- **Zonificación del Grado de Vulnerabilidad**

Mediante la superposición de las capas de información e indexación de los parámetros “G” “O” y “D”, usando Sistemas de Información Geográfica - SIG, se obtiene la zonificación de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación de los acuíferos la cual puede se califica según la Tabla 199.

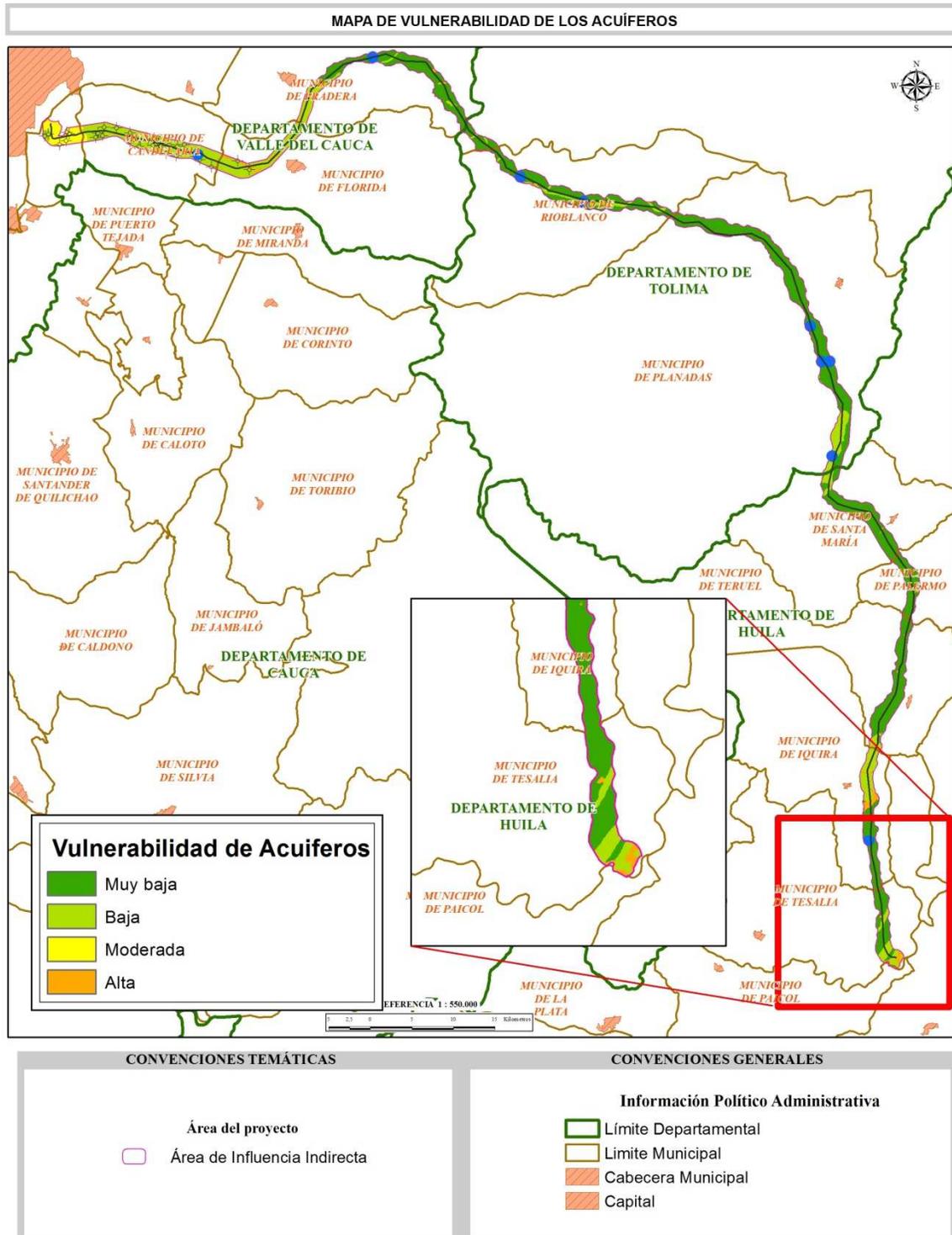
**Tabla 199 Categorías de vulnerabilidad para el método GOD**

Puntaje	Vulnerabilidad
0.70 – 1.00	Muy Alta
0.50 – 0.70	Alta
0.30 – 0.50	Moderada
0.10 - 0.30	Baja
<0.10	Muy Baja

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

En la Figura 246, se presenta el mapa de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación en la zona de estudio y en la Tabla 200 la clasificación por grado de Vulnerabilidad de los Acuíferos.

**Figura 246 Mapa de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

En el Área de Influencia Indirecta de la línea de transmisión a 230 kV Tesalia-Alfárez, se presenta grado de vulnerabilidad de Despreciable a Alta, las áreas obtenidas y sus porcentajes para cada grado de vulnerabilidad de presentan en la Tabla 200.

**Tabla 200 Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación en el Área de Influencia Indirecta de la Línea Eléctrica Tesalia-Alfárez**

Grado de Vulnerabilidad	Área (Ha)	% de Área
<b>Alta</b>	670,46	2,22%
<b>Moderada</b>	1.017,03	3,36%
<b>Baja</b>	8.901,53	29,42%
<b>Muy Baja</b>	19.671,08	65,01%
<b>Total</b>	30.260,01	100,00%

Fuente: Consultoría Colombiana S.A 2014

El 2,22% del AII se clasifica como de **Alta Vulnerabilidad** correspondiente básicamente a los Depósitos Cuaternarios tipo terrazas y depósitos de origen coluvial que conforman principalmente acuíferos de tipo libre, localizados cerca de los márgenes de los principales ríos como lo es el río Páez, sus afluentes principales y demás cuerpos de agua intramontanos, compuestos por bloques subredondeados a subangulares, clasto soportados, en matriz areno arcillosa a areno guijosa y algunos niveles de arenitas arcillosas pumíticas y limolitas intercaladas, se presenta la tabla de agua somera con profundidades hasta de 2 m.

El 3,36% del AII, se clasifica como de **Moderada Vulnerabilidad** corresponde a los Depósitos Cuaternarios de abanicos, compuestos por bloques subredondeados a subangulares clasto soportados, en matriz areno arcillosa a areno guijosa y algunos niveles arenosos y en menor proporción rocas Terciarias, donde los niveles de la tabla de agua se estima pueden hallarse a 20-50 metros de profundidad y cuyas rocas y sedimentos pueden conformar acuíferos de tipo libre.

El 29,42% del AII se clasifica como de **Baja Vulnerabilidad** a la contaminación de los Acuíferos asociado a los sistemas hidrogeológicos de los acuíferos del Grupo Chicoral con sus formaciones Palermo, Baché y Tesalia y la Formación Doima, de tipo libre a confinado y cuya litología está conformada por las intercalaciones de areniscas, conglomerados, limolitas y arcillolitas con porosidad primaria y secundaria, que presentan algunos puntos de surgencia del agua subterránea, en las zonas deprimidas pero que en general presentan el nivel de la tabla de agua estimado a más de 50 metros de profundidad.

La mayor parte del área de estudio se clasifica como de **MuyBaja Vulnerabilidad** a la contaminación de los Acuíferos con él 65,01 % del área total, correspondiente con el complejo de rocas lutíticas de la edad Cretácea y Terciaria que se comportan como acuitardos y al complejo de rocas impermeables que conforman el basamento cordillerano y que se comportan como acuífugos.

### 3.2.7 Atmósfera

#### 3.2.7.1 Clima

Se entiende por clima el conjunto de condiciones atmosféricas predominantes en una región, los cuales están controlados por factores determinantes (latitud, relieve, y posición geográfica con respecto a cercanía o lejanía del mar y vientos planetarios), factores forzantes (radiación solar, temperatura, lluvia, humedad y vientos locales) y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático. Desde el punto de vista físico - biótico el clima es importante por su directa intervención en la evolución de los suelos y el paisaje. Desde el punto de vista geotécnico es uno de los elementos o insumos necesarios para la determinación de las amenazas naturales y desde el punto de vista socioeconómico por su influencia en la decisión de utilización de las tierras para determinados usos.

A continuación se analizan los elementos climáticos básicos para la zona, como precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, y brillo solar; de los cuales la precipitación y la temperatura revisten gran importancia en cuanto permiten definir, clasificar y zonificar el clima de una región dada, los demás elementos dan atributos a las unidades definidas. Los elementos fisiográficos como la pendiente, altitud, formas del relieve, generan cambios climáticos a nivel regional o local, mientras que la cobertura vegetal es causa y efecto del clima.

- **Análisis de la Información**

Para la descripción climática de la zona de influencia del EIA se utilizó información meteorológica suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. En las tablas se indican las características y localización de las estaciones empleadas para elaborar la descripción de las condiciones climatológicas del área de estudio, de acuerdo a las tres zonas en la que se dividieron teniendo en cuenta las características climáticas del área. Las zonas son las siguientes, Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena y comprende desde el municipio de Tesalia hasta Santa María, Zona 2: Cordillera: Se extiende desde el municipio de Santa María hasta el municipio de Florida, Zona 3: Abarca el municipio de Florida hasta Cali.

En la Tabla 201a la Tabla 203, se presenta el listado de las estaciones climatológicas localizadas en el área de estudio y que pertenecen a las zonas definidas desde el punto de vista climático.

#### **Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena**

**Tabla 201 Relación de estaciones meteorológicas Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena.**

Código	Nombre	Cuenca	Este	Norte	Departamento	Municipio	Elevación	Tipo
21065040	Zuluaga	Loro	838,478	740,918	Huila	Garzón	1,270	CO
21045010	Betulia La	Magdalena	818,937	744,156	Huila	Agrado	780	CO
21055020	EscAgr La Plata	La Plata	798,234	754,878	Huila	La Plata	1,070	CO
21105050	Rosales Los	Neiva	850,930	781,148	Huila	Campoalegre	553	CO

772

Código	Nombre	Cuenca	Este	Norte	Departamento	Municipio	Elevación	Tipo
21085040	Terpeya Colombia	Yaguara	823,386	786,321	Huila	Iquira	1,650	CO
21085030	San Rafael	Pedernal	832,614	797,110	Huila	Teruel	1,030	CO
21125020	Palermo	Bache	847,933	810,558	Huila	Palermo	550	CO
21125010	Sta María	Bache	832,520	817,264	Huila	Santa María	1,300	CO

Fuente: IDEAM, 2013. CO: Estación climatológica Ordinaria

## Zona 2: Cordillera.

**Tabla 202 Relación de estaciones meteorológicas Zona 2: Cordillera.**

Código	Nombre	Cuenca	Este	Norte	Departamento	Municipio	Elevación	Tipo
21125010	Sta María	Bache	832,520	817,264	Huila	Santa María	1,300	CO
21135050	Julia La	Chiquila	838,524	834,527	Huila	Neiva	1,691	CO
21120040	Potrerito	Bache	855,270	839,184	Huila	Aipe	850	PM
22015010	Rosales Fca Los	Siquila	810,368	847,666	Tolima	Planadas	2,040	CO
22050080	Pan De Azúcar	Saldaña	841,001	865,578	Tolima	Ataco	1,600	PM
22010010	Herrera	Saldaña	806,716	855,569	Tolima	Rioblanco	2,000	PM
22015020	Relator	Blanco	827,315	882,161	Tolima	Rioblanco	1,200	CO
26070760	Florida	Frayle	759,773	860,029	Valle Del Cauca	Florida	1,078	PM
26060200	Cajones	Desbaratado	770,627	848,763	Cauca	Miranda	2,370	PM
22020040	Casa De Zinc	Ata	831,796	855,547	Tolima	Ataco	1,700	PM

Fuente: IDEAM, 2013. CP: Estación Climatológica principal, CO: Estación climatológica Ordinaria. PM: Estación Pluviométrica.

## Zona 3: Cuenca Alta Río Cauca

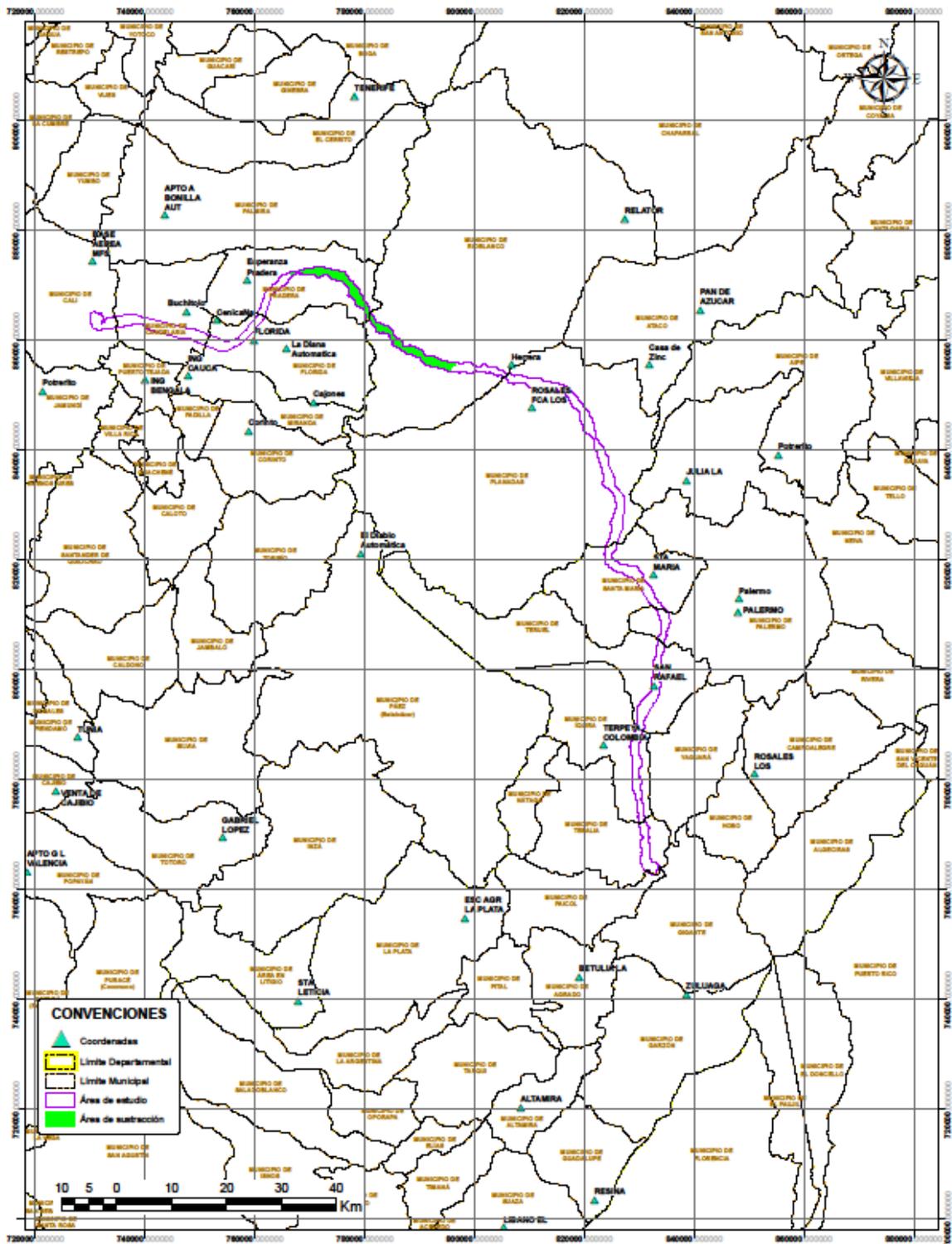
**Tabla 203 Relación de estaciones meteorológicas Zona 3: Cuenca Alta Río Cauca.**

Código	Nombre	Cuenca	Este	Norte	Departamento	Municipio	Elevación	Tipo
26070760	Florida	Frayle	759,773	860,029	Valle Del Cauca	Florida	1,078	PM
26040250	Corinto	La Paila	758,780	843,497	Cauca	Corinto	1,100	PM
26045010	Ing Bengala	Palo	739,972	852,856	Cauca	Puerto Tejada	1,000	CO
26065010	Ing Cauca	Desbaratado	747,719	853,576	Cauca	Miranda	1,000	CO
26055050	Potrerito	Jamundí	721,210	850,752	Valle Del Cauca	Jamundí	1,010	CO
26075080	Cenicana	Guachal	753,019	863,662	Valle Del Cauca	Florida	1,013	AM
26070170	Esperanza Pradera	Bolo	758,500	870,926	Valle Del Cauca	Pradera	1,075	PM
26075040	Apto A Bonilla Aut	Guachal	743,482	882,787	Valle Del Cauca	Palmira	961	SP
26085120	Base Aérea Mfs	Cauca	730,378	874,406	Valle Del Cauca	Cali	954	SS
26095080	Tenerife	Amaime	778,082	904,461	Valle Del Cauca	El Cerrito	2,609	CO

Fuente: IDEAM, 2013. AM: Estación Agrometeorológica, CP: Estación Climatológica principal, CO: Estación climatológica Ordinaria. SP: Estación Sinóptica principal, SS: Sinóptica Secundaria.



**Figura 247 Localización de estaciones climatológicas empleadas en la zona de estudio**



- **Temperatura**

La importancia del análisis de la temperatura en estudios de medio físico, radica en que sus variaciones pueden definir meso a microclimas, además condiciona la distribución de los seres vivos y proporciona características específicas al medio que rodea la fauna y la flora. Los datos de temperatura se recopilaron de los registros con los que cuenta el IDEAM para cada una de las estaciones presentes en el área de estudio, estas estaciones cuentan con información de al menos 10 años.

### **Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena**

En la zona se presentan temperaturas medias anuales que varían de 18.4 °C hasta 27.8 °C, en las estaciones Terpeya Colombia y Los Rosales, respectivamente.

Las temperaturas máximas se presentan en las estaciones de Los Rosales (27.8 °C), Palermo (27.5 °C) y la Betulia (24.8 °C), esto debido a que se encuentran localizadas a una altura que varía de 550 a 780 msnm.

Las temperaturas más bajas se localizan en las estaciones de Terpeya Colombia (18.4 °C), Zuluaga (19.6 °C) y Santa María (20.6 °C) ya que encuentran entre 1650 y 1270 msnm.

Las estaciones Escuela Agraria La Plata y San Rafael presentan temperaturas medias que varían entre 21.5 °C y 23.7 °C y están ubicadas entre los 1030 y 1050 msnm, por lo que su comportamiento es muy similar.

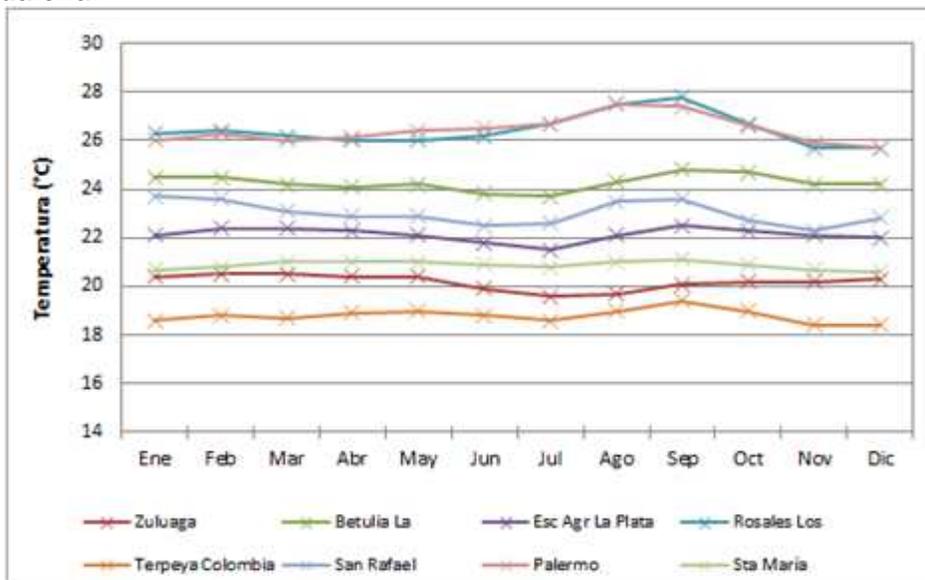
En la Tabla 204 y Figura 248 se muestra el comportamiento de la temperatura media mensual multianual de las estaciones la zona 1 cuenca alta Río Magdalena y que reflejan el cambio de relieve de la zona del proyecto.

**Tabla 204 Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Zuluaga	20.4	20.5	20.5	20.4	20.4	19.9	19.6	19.7	20.1	20.2	20.2	20.3
Betulia La	24.5	24.5	24.2	24.1	24.2	23.8	23.7	24.3	24.8	24.7	24.2	24.2
EscAgr La Plata	22.1	22.4	22.4	22.3	22.1	21.8	21.5	22.1	22.5	22.3	22.1	22.0
Rosales Los	26.3	26.4	26.2	26.0	26.0	26.2	26.7	27.5	27.8	26.7	25.7	25.7
Terpeya Colombia	18.6	18.8	18.7	18.9	19.0	18.8	18.6	19.0	19.4	19.0	18.4	18.4
San Rafael	23.7	23.6	23.1	22.9	22.9	22.5	22.6	23.5	23.6	22.7	22.3	22.8
Palermo	26.0	26.3	26.0	26.1	26.4	26.5	26.7	27.5	27.4	26.6	25.9	25.7
Sta María	20.7	20.8	21.0	21.0	21.0	20.9	20.8	21.0	21.1	20.9	20.7	20.6

Fuente: IDEAM, 2013

**Figura 248** Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 2: Cordillera.

En la zona se presentan temperaturas medias anuales que varían de 15.8 °C hasta 23.6 °C, en las estaciones de Finca Los Rosales y Relator, respectivamente.

Las temperaturas máximas se presentan en las estaciones de Relator (23.6 °C), Santa María (21.1 °C), esto debido a que se encuentran localizadas a una altura que varía de 1200 a 1300 msnm.

La estación Finca Los Rosales y la Julia presentan las temperaturas más bajas, 15.8 °C y 18.4 °C respectivamente, estos valores se explican a que se encuentran entre 1690 y 2040 msnm.

Las estaciones Escuela Agraria La Plata y San Rafael presentan temperaturas medias que varían entre 21.5 °C y 23.7 °C y están ubicadas entre los 1030 y 1050 msnm, por lo que su comportamiento es muy similar.

En la Tabla 205 y Figura 249 se muestra el comportamiento de la temperatura media mensual multianual de las estaciones la zona 2- Cordillera.

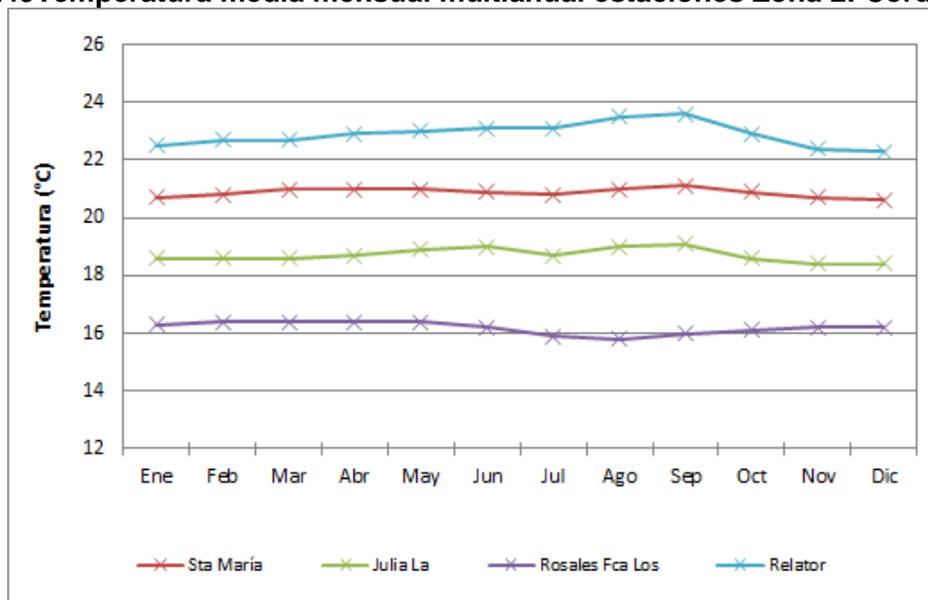
**Tabla 205** Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 2: Cordillera.

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sta Maria	20.7	20.8	21.0	21.0	21.0	20.9	20.8	21.0	21.1	20.9	20.7	20.6
Julia La	18.6	18.6	18.6	18.7	18.9	19.0	18.7	19.0	19.1	18.6	18.4	18.4
Rosales Fca Los	16.3	16.4	16.4	16.4	16.4	16.2	15.9	15.8	16.0	16.1	16.2	16.2

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Relator	22.5	22.7	22.7	22.9	23.0	23.1	23.1	23.5	23.6	22.9	22.4	22.3

Fuente: IDEAM, 2013

**Figura 249** Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 2: Cordillera.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 3: Cuenca Alta Río Cauca

En general, el comportamiento de la temperatura media multianual es similar en las estaciones, oscilando entre 22.9°C en las estaciones Ingenio Cauca y Cenicaña, y 25.8°C en la estación Base Aérea. En cuanto a altitud, la zona es homogénea variando entre 954 y 1013 msnm.

Es de anotar que la estación Tenerife presenta un comportamiento atípico con temperaturas muy bajas ya que se localiza en el municipio El Cerrito en Valle del Cauca a los 2609 msnm. Los datos de esta estación se utilizaron en el análisis debido a que es cercana al área de estudio y por tanto permite contribuir a la caracterización regional de esta variable climática.

En la Tabla 206 y Figura 250 se muestra el comportamiento de la temperatura media mensual multianual de las estaciones la zona 3- Cuenca alta Río Cauca.

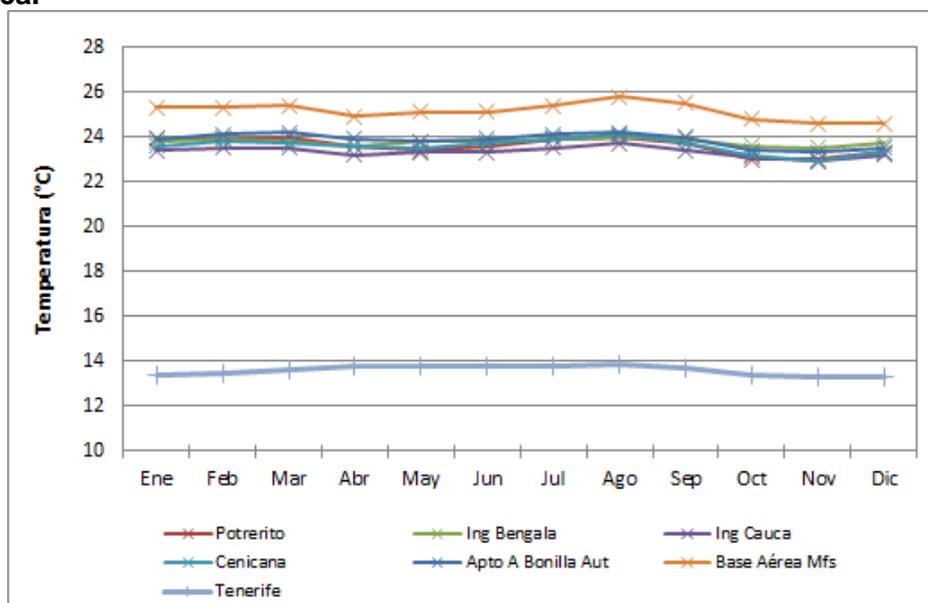
**Tabla 206** Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Potrerito	23.9	23.9	24.0	23.6	23.4	23.6	23.9	24.0	23.7	23.0	23.0	23.3
Ing Bengala	23.8	23.9	23.8	23.6	23.8	23.8	23.9	24.0	23.9	23.6	23.5	23.7
Ing Cauca	23.4	23.5	23.5	23.2	23.3	23.3	23.5	23.7	23.4	23.1	22.9	23.2
Cenicana	23.6	23.8	23.7	23.6	23.5	23.7	23.9	24.1	23.7	23.2	22.9	23.3
Apto A Bonilla Aut	23.9	24.1	24.2	23.9	23.8	23.9	24.1	24.2	24.0	23.4	23.3	23.5

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Base Aérea Mfs	25.3	25.3	25.4	24.9	25.1	25.1	25.4	25.8	25.5	24.8	24.6	24.6
Tenerife	13.4	13.5	13.6	13.8	13.8	13.8	13.8	13.9	13.7	13.4	13.3	13.3

Fuente: IDEAM, 2013

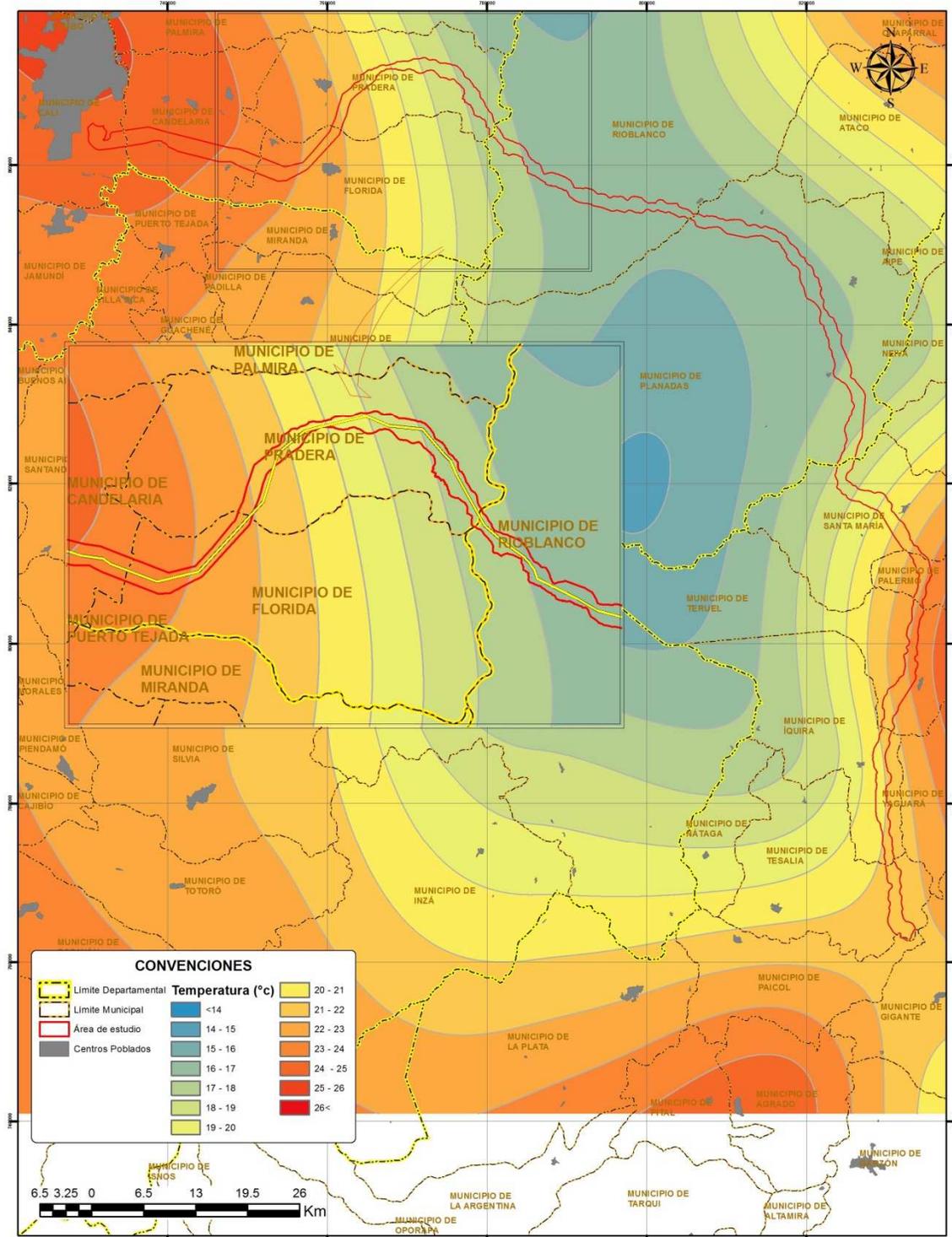
**Figura 250** Temperatura media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 251 se presenta la distribución espacial de la temperatura (Isotermas) para el área de influencia indirecta.

**Figura 251 Mapa de isotermas en el Área de Influencia Indirecta**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

- **Precipitación**

En el área de estudio se presentan valores máximos de precipitación total media multianual de 2415.3 mm registrados en la estación Casa de Zinc la cual se encuentra ubicada en el municipio de Ataco, Tolima a una altura de 1130 msnm, seguida de la estación Pan de Azúcar con 2405.4 mm ubicada en el mismo municipio a una altura de 1600 msnm. Los valores menores de precipitación total media mensual multianual se presentan en la estaciones Aeropuerto Bonilla Aragón con 905.5 mm, ubicada en Palmira Valle del Cauca a una altura de 961 msnm, y la estación Base aérea con 1022.8 localizada en Cali a 954 msnm. En la zona se presentan un régimen de precipitaciones bimodal con meses de mayores lluvias.

### **Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena**

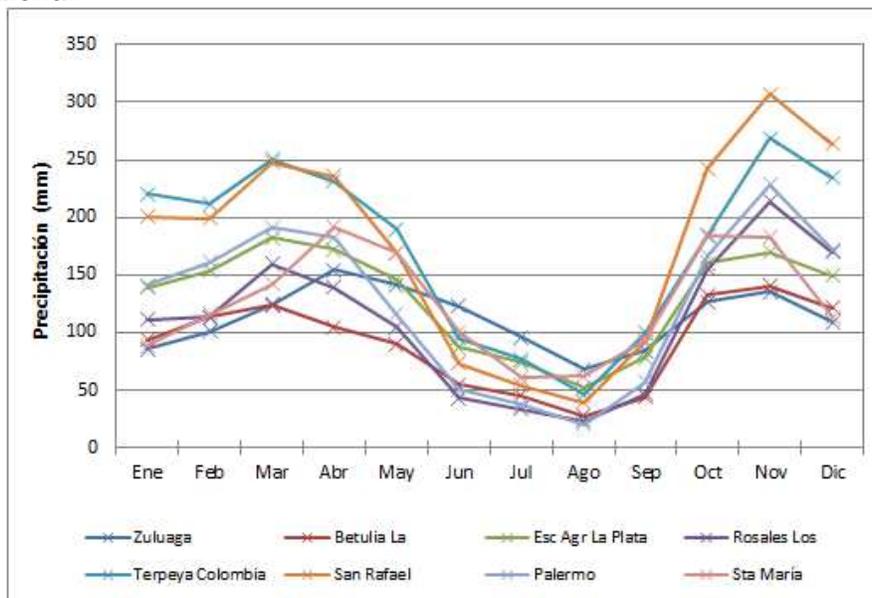
La precipitación media mensual multianual en la zona 1 varía entre 20.3 mm registrada en la estación Palermo, localizada en el mismo municipio en el departamento del Huila a una altura de 550 msnm, y un valor máximo de 306.5 mm, registro que se presenta en la estación San Rafael que se ubica en el municipio de Teruel en el Huila a una altura de 1030 msnm. Se presenta un régimen bimodal con mayores precipitaciones en los meses de marzo, abril y mayo, y un segundo periodo de lluvias en octubre y noviembre (ver Figura 252y Tabla 207).

**Tabla 207 Precipitación media mensual multianual estaciones**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Zuluaga	85.6	101.0	124.6	154.5	141.1	122.9	96.1	67.6	83.7	126.6	135.3	109.3
Betulia La	93.7	113.3	123.7	104.5	90.2	54.6	45.0	27.5	44.0	132.1	140.8	121.2
EscAgr La Plata	139.1	153.9	182.6	171.8	145.7	86.8	73.6	51.8	78.0	160.2	169.7	149.3
Rosales Los	111.4	113.2	159.9	139.1	104.4	43.0	33.8	23.1	46.7	155.0	213.6	169.9
Terpeya Colombia	220.5	211.6	250.1	231.0	189.3	94.7	76.7	46.1	99.1	183.4	268.9	234.1
San Rafael	200.7	199.2	247.2	236.0	168.8	73.2	53.8	39.2	91.4	242.4	306.5	263.3
Palermo	141.3	161.2	191.2	181.9	115.7	50.7	37.0	20.3	56.6	165.9	228.4	172.2
Sta María	88.4	115.4	141.6	192.1	169.4	100.3	60.4	62.0	93.0	184.3	183.2	113.7

Fuente: IDEAM, 2013

**Figura 252** Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.



Fuente: Consultoría Colombiana, 2013

### Zona 2: Cordillera.

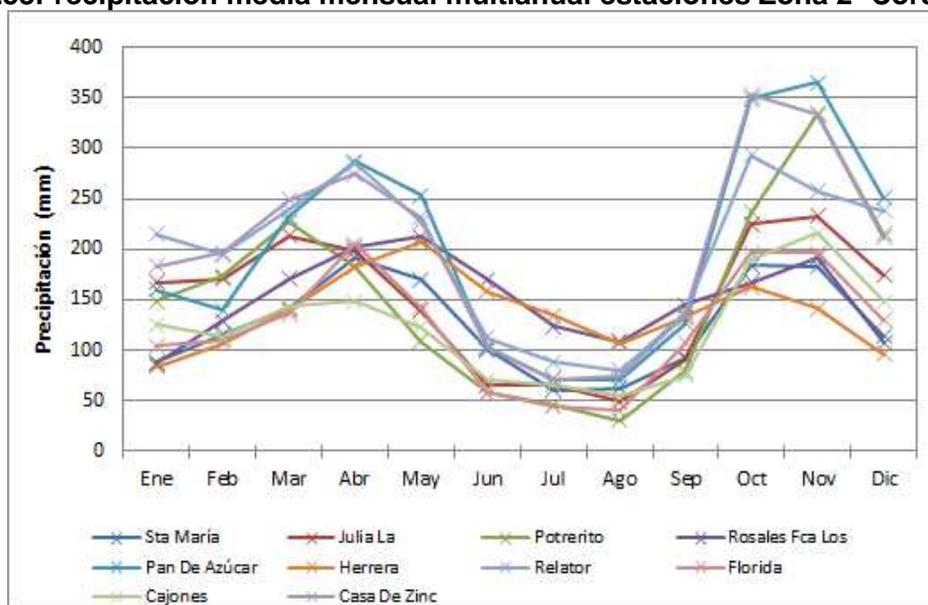
La precipitación media mensual multianual en la zona 2 varía entre 30.1 mm registrada en la estación Potrerito, localizada en el municipio de Aipeen el departamento del Huila a una altura de 850 msnm, y un valor máximo de 364.7 mm, registro que se presenta en la estación pan de Azúcar ubicada en el municipio de Ataco en el Tolima a una altura de 1600 msnm. Se presenta un régimen bimodal con mayores precipitaciones en los meses de marzo, abril y mayo, y un segundo periodo de lluvias en octubre y noviembre (ver Figura 253 y Tabla 208).

**Tabla 208** Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sta María	88.4	115.4	141.6	192.1	169.4	100.3	60.4	62.0	93.0	184.3	183.2	113.7
Julia La	167.2	171.1	213.7	198.2	139.0	65.5	65.9	48.9	91.1	225.1	233.0	174.1
Potrerito	148.4	173.0	227.2	182.8	108.3	57.6	45.9	30.1	79.6	236.3	334.1	215.2
Rosales Fca Los	86.0	129.4	171.0	201.5	212.6	169.7	123.7	108.7	144.9	167.0	191.6	107.6
Pan De Azúcar	159.9	139.3	231.6	287.0	253.2	102.3	70.9	70.2	126.3	349.0	364.7	251.0
Herrera	83.6	106.6	139.7	182.1	206.7	158.1	134.2	106.7	132.8	163.0	141.6	95.9
Relator	214.7	194.8	238.8	285.2	226.7	111.7	88.1	80.3	137.2	293.3	257.4	237.8
Florida	103.9	110.7	136.5	205.7	141.9	57.8	45.0	40.5	106.5	196.3	196.5	129.7
Cajones	125.6	113.0	143.1	148.2	122.8	70.7	65.9	54.7	75.2	189.9	216.0	148.5
Casa De Zinc	182.8	196.5	248.8	274.5	231.0	103.2	71.1	75.0	134.7	352.6	333.1	211.8

Fuente: IDEAM, 2013.

**Figura 253 Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 3: Cuenca Alta Río Cauca

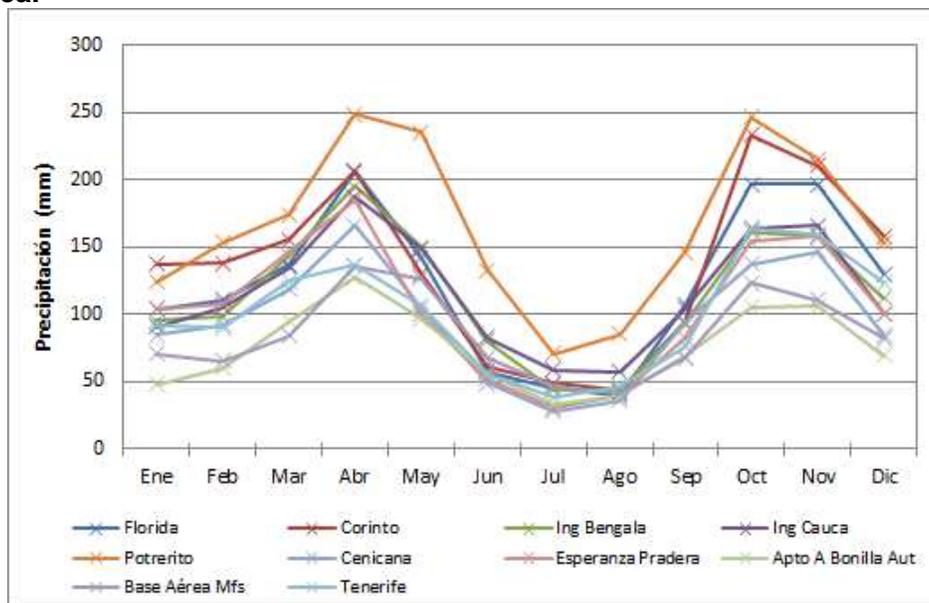
La precipitación media mensual multianual en la zona 3 varía entre 30.1 mm registrada en la estación Cenicaña, localizada en el municipio de Florida en el departamento del Valle del Cauca a una altura de 1013 msnm, y un valor máximo de 248.7 mm, registro que se presenta en la estación Potrerito ubicada en el municipio de Jamundí, Valle del Cauca a una altura de 1010mns. Se presenta un régimen bimodal con mayores precipitaciones en los meses de marzo, abril y mayo, y un segundo periodo de lluvias en octubre y noviembre (ver Figura 254y Tabla 209).

**Tabla 209 Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Florida	103.9	110.7	136.5	205.7	141.9	57.8	45.0	40.5	106.5	196.3	196.5	129.7
Corinto	137.1	138.2	155.2	206.7	130.2	61.5	48.7	43.6	94.1	233.2	210.7	158.1
Ing Bengala	95.7	98.2	143.2	195.4	150.0	80.2	44.4	44.0	92.5	161.2	157.8	111.9
Ing Cauca	91.0	105.4	135.0	187.3	148.7	82.5	58.7	57.2	104.3	163.7	165.7	100.7
Potrerito	123.9	153.1	174.1	248.7	235.1	132.9	70.5	85.4	145.8	246.6	215.0	153.3
Cenicana	84.9	91.8	118.5	165.7	104.5	49.1	28.0	36.1	94.3	137.4	146.4	84.9
Esperanza Pradera	104.2	108.3	146.9	184.4	100.2	52.0	30.2	39.3	82.0	153.9	158.8	101.0
Apto A Bonilla Aut	48.0	60.1	94.9	127.4	96.8	56.1	33.1	39.6	68.6	105.3	106.1	69.6
Base Aérea Mfs	71.1	65.7	84.0	136.1	126.7	67.2	47.0	41.5	67.6	123.2	110.9	81.9
Tenerife	92.3	89.8	124.7	137.0	106.6	55.7	38.2	47.0	75.9	164.0	159.3	123.6

Fuente: IDEAM, 2013.

**Figura 254** Precipitación media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.



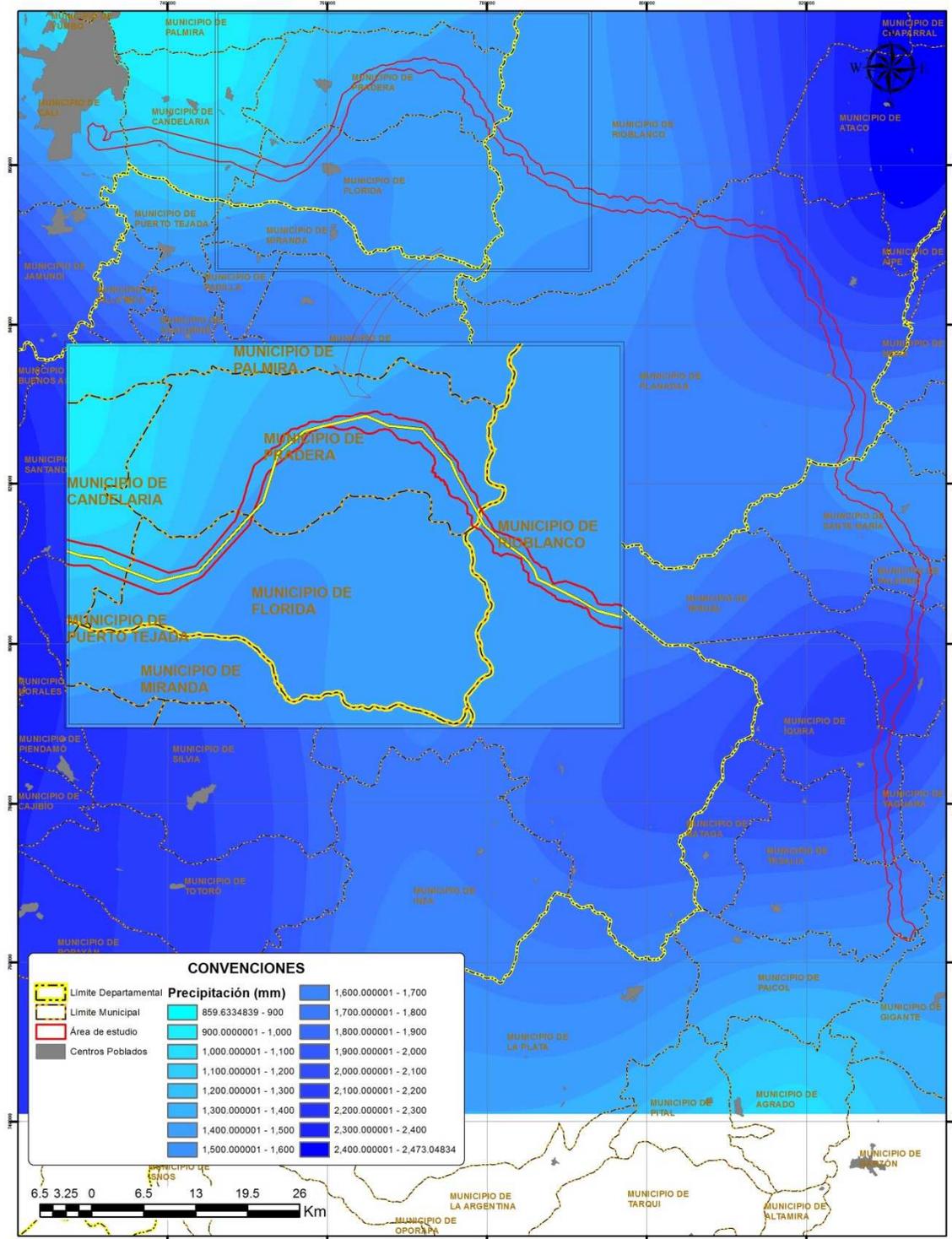
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 255 se presenta la distribución espacial de la Precipitación (Isoyetas) para el área de estudio.

- **Humedad relativa**

La relación entre humedad relativa y la temperatura del aire es inversa: cuando ésta aumenta, la capacidad del aire para retener vapor de agua aumenta también; si la atmósfera no recibe aportes nuevos de vapor de agua, entonces la humedad relativa disminuye y al contrario, cuando disminuye la temperatura, la capacidad de retención decrece y la humedad relativa aumenta.

**Figura 255 Mapa de isoyetas en el Área Estudio**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

### Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena

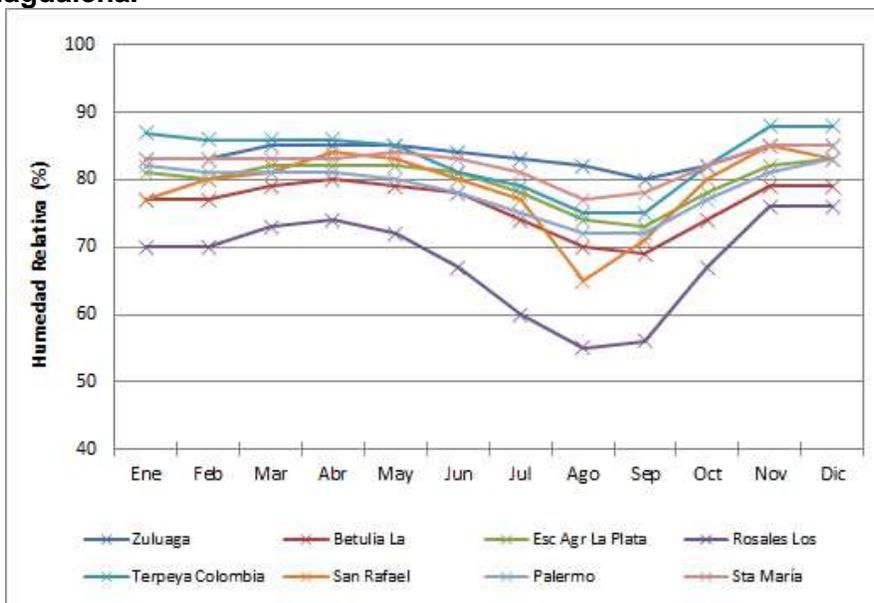
Los valores medios mensuales de humedad relativa en la zona noreste del proyecto se encuentran entre el 55% y el 78%. Encontrándose los valores más altos de humedad en las estaciones Terpeya Colombia, Zuluaga y Santa María. Los valores más bajos se presentan en las estaciones Los Rosales, La Betulia y Palermo ubicados en el departamento del Huila. En promedio el valor característico de este parámetro es 78.8%. A lo largo del año, se observa un régimen bimodal (aunque este parámetro no presenta grandes variaciones), reportándose los valores más altos de humedad relativa en los meses de noviembre y diciembre, y abril y mayo (ver Figura 256 y Tabla 210); es decir coinciden con los periodos más lluviosos y las menores temperaturas, que es el comportamiento esperado.

**Tabla 210 Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Zuluaga	83	83	85	85	85	84	83	82	80	82	85	85
Betulia La	77	77	79	80	79	78	74	70	69	74	79	79
EscAgr La Plata	81	80	82	82	82	81	78	74	73	78	82	83
Rosales Los	70	70	73	74	72	67	60	55	56	67	76	76
Terpeya Colombia	87	86	86	86	85	81	79	75	75	82	88	88
San Rafael	77	80	81	84	83	80	77	65	71	80	85	83
Palermo	82	81	81	81	80	78	75	72	72	77	81	83
Sta María	83	83	83	83	84	83	81	77	78	82	85	85

Fuente: IDEAM, 2013

**Figura 256** Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 2: Cordillera.

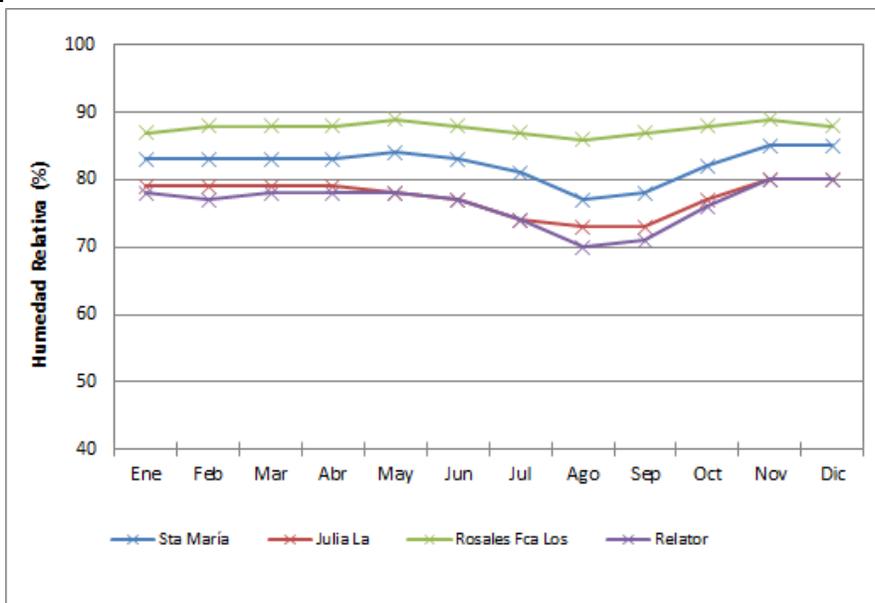
Los valores medios mensuales de humedad relativa en la zona 2 del proyecto se encuentran entre el 70% y el 89%. Encontrándose los valores más altos en las estaciones Finca Los Rosales y Santa María. Los valores más bajos se presentan en las estaciones Relator y La Julia. En promedio el valor característico de este parámetro es 80.9%. A lo largo del año, se observa un régimen bimodal (aunque este parámetro no presenta variaciones representativas), reportándose los valores más altos de humedad relativa en los meses de noviembre y diciembre, y abril y mayo (ver Figura 257 y Tabla 211); es decir coinciden con los periodos más lluviosos y las menores temperaturas, que es el comportamiento esperado.

**Tabla 211** Humedad relativa media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sta María	83	83	83	83	84	83	81	77	78	82	85	85
Julia La	79	79	79	79	78	77	74	73	73	77	80	80
Rosales Fca Los	87	88	88	88	89	88	87	86	87	88	89	88
Relator	78	77	78	78	78	77	74	70	71	76	80	80

Fuente: IDEAM, 2013.

**Figura 257** Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 3: Cuenca Alta Río Cauca

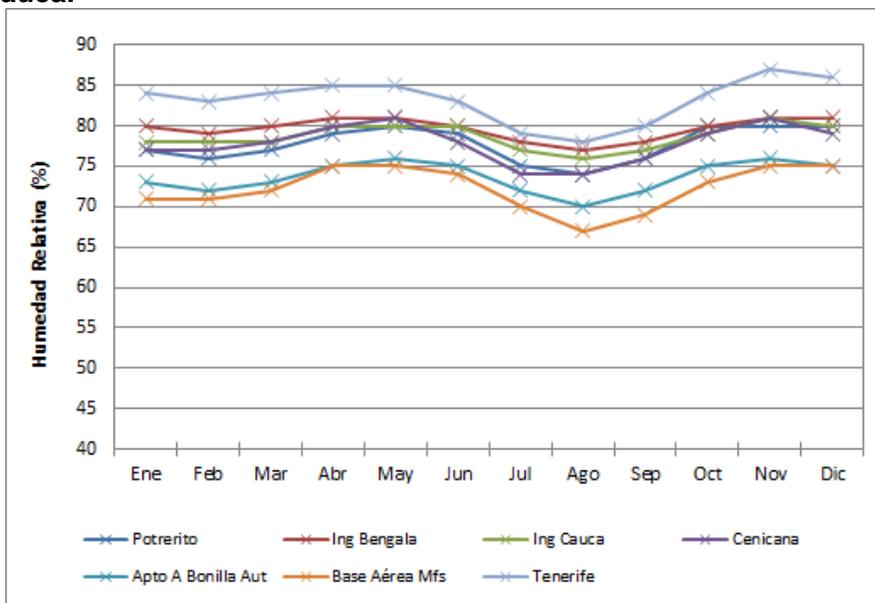
Los valores medios mensuales de humedad relativa en la zona 3 del proyecto se encuentran entre el 67% y el 87%, encontrándose los valores más altos en las estaciones Tenerife e Ingenio Bengala. Los valores más bajos se presentan en las estaciones Base Aérea y Aeropuerto Alfonso Bonilla. En promedio el valor característico de este parámetro es 77.6%. A lo largo del año, se observa un régimen bimodal, reportándose los valores más altos de humedad relativa en los meses de noviembre y diciembre, y abril y mayo (ver Figura 258 y Tabla 212); lo que muestra que coinciden con los periodos más lluviosos y las menores temperaturas, que es el comportamiento esperado.

**Tabla 212** Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 3- Cuenca Alta Río Cauca.

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Potrerito	77	76	77	79	80	79	75	74	76	80	80	80
Ing Bengala	80	79	80	81	81	80	78	77	78	80	81	81
Ing Cauca	78	78	78	80	80	80	77	76	77	79	81	80
Cenicana	77	77	78	80	81	78	74	74	76	79	81	79
Apto A Bonilla Aut	73	72	73	75	76	75	72	70	72	75	76	75
Base Aérea Mfs	71	71	72	75	75	74	70	67	69	73	75	75
Tenerife	84	83	84	85	85	83	79	78	80	84	87	86

Fuente: Consultoría Colombiana, 2013

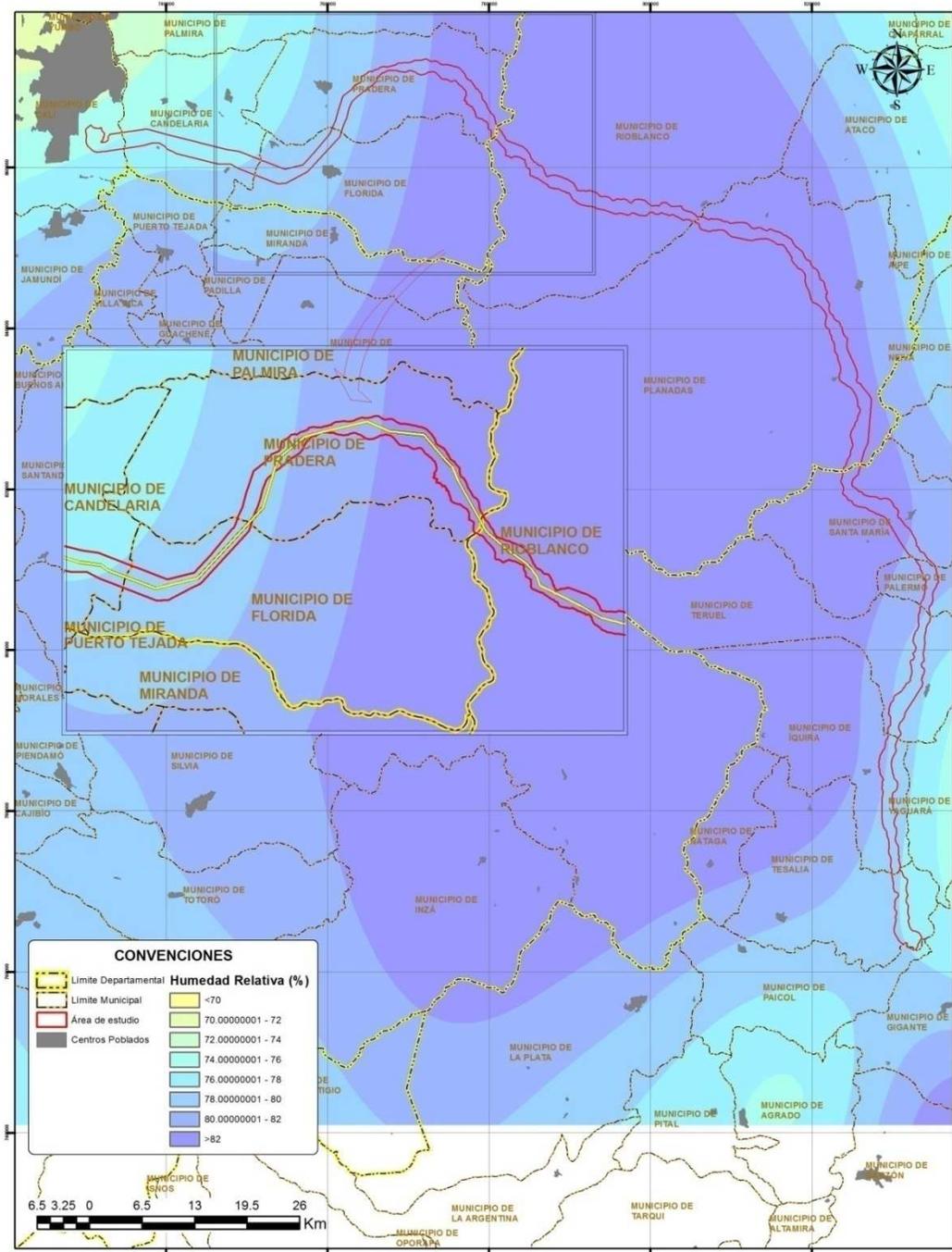
**Figura 258** Humedad Relativa media mensual multianual estaciones Zona 3- Cuenca Alta Río Cauca.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 259 se presenta la distribución espacial de la Humedad relativa para el área de estudio. Se puede observar que en la zona del parque Nacional Natural Nevado del Huila en el área de los municipios de de Páez, Corinto y Toribío (Cauca), Planadas y Río blanco (Tolima) y Teruel, Íquira y Santamaría (Huila), se presenta los mayores porcentajes de humedad relativa en el área de estudio; mientras que los menores valores de humedad relativas se presenta hacia la zona noroeste cerca a Santiago de Cali, Jamundi y Candelaria, y en la zona sureste en donde se presentan valores de humedad relativa menores a 76%.

**Figura 259 Mapa de isolneas de humedad relativa en el área de estudio**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

- **Radiación solar (Brillo Solar)**

Según estudio realizado para la elaboración del Atlas de radiación solar de Colombia, la disponibilidad promedio multianual de energía solar para las región Andina es 1.643 kWh/m<sup>2</sup>/año. Los cálculos se realizan mediante la aplicación de una modelación físico matemática para establecer el potencial de radiación solar en las regiones donde no es posible realizar mediciones directas, pero sí se miden otras variables meteorológicas que permiten su correlación, como es el caso del brillo solar; del cual se presentan los registros respectivos.<sup>132</sup>

La insolación presenta una relación muy consistente con los valores de precipitación; los valores promedios más bajos tienen correspondencia con la temporada más lluviosa y los más altos con el período menos lluvioso.

### **Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena**

Los valores medios mensuales multianuales de Brillo Solar en la zona 1 del proyecto se encuentran entre 72 y 176 horas. Encontrándose los valores más altos en la estación Los Rosales, y los más bajos en la estación Zuluaga. En promedio el valor característico de este parámetro es 1678 horas de sol anuales. A lo largo del año, se observa un régimen bimodal, reportándose los valores más altos de brillo solar en los meses de julio-agosto y diciembre-enero, que coincide con el periodo menos lluvioso de la zona (ver Figura 260 y Tabla 213).

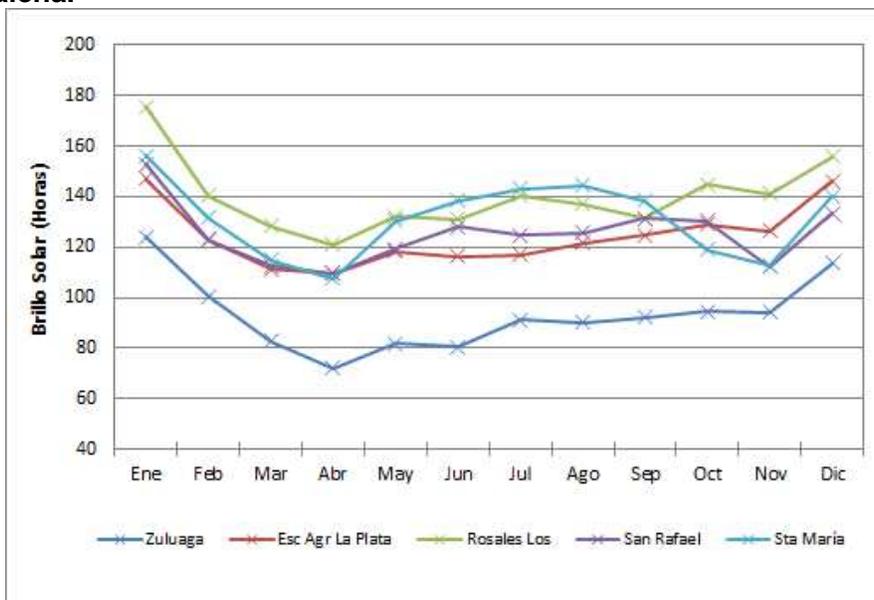
**Tabla 213 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Zuluaga	124.1	100.5	82.7	72.1	81.7	80.3	91.1	90.0	92.2	94.5	94.3	113.6
EscAgr La Plata	147.1	122.9	111.2	109.5	118.2	116.2	116.9	121.6	124.6	129.0	126.2	146.1
Rosales Los	175.4	140.3	128.3	121.0	131.9	130.9	140.3	137.2	131.3	144.6	141.1	155.7
San Rafael	152.7	123.1	112.7	109.5	119.2	128.1	124.6	125.7	131.3	130.4	112.4	133.5
Sta María	156.2	131.7	115.1	107.5	130.4	138.3	143.0	144.3	138.5	119.0	112.7	139.9

Fuente: IDEAM, 2013.

<sup>132</sup> Atlas de radiación solar de Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética UPME e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá, 2005. Página 20.

**Figura 260 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 2: Cordillera.

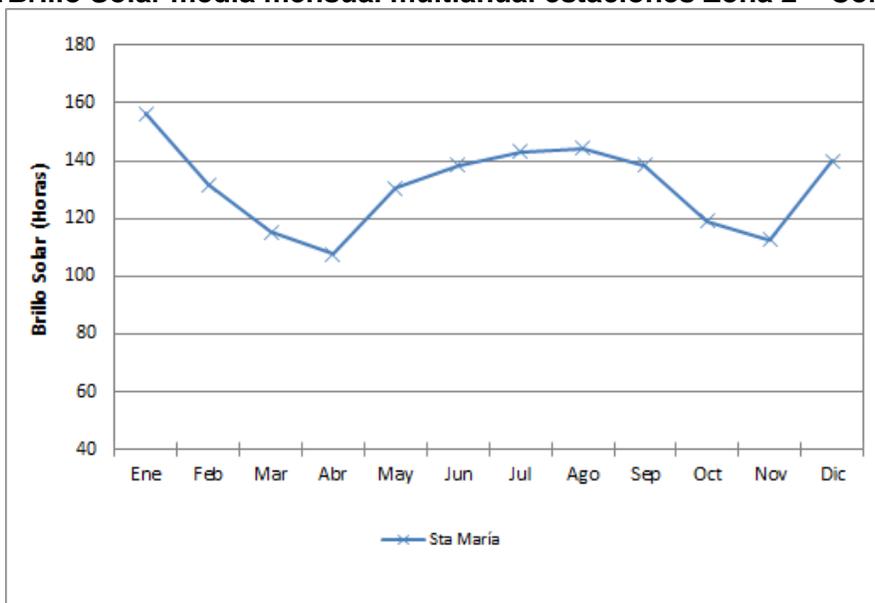
En la zona sólo se tienen registros medios mensuales multianuales de Brillo Solar en la estación Santa María, y éstos varían entre el 108 y 157 horas. En promedio el valor característico de este parámetro es 1577 horas de sol anuales. A lo largo del año, se observa un régimen bimodal, reportándose los valores más altos de brillo solar en los meses de julio-agosto y diciembre-enero, que coincide con los periodos menos lluviosos de la zona (ver Tabla 214y Figura 261).

**Tabla 214 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 2 – Cordillera.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sta María	156.2	131.7	115.1	107.5	130.4	138.3	143.0	144.3	138.5	119.0	112.7	139.9

Fuente: IDEAM, 2013.

**Figura 261 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 2 – Cordillera.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 3: Cuenca Alta Río Cauca

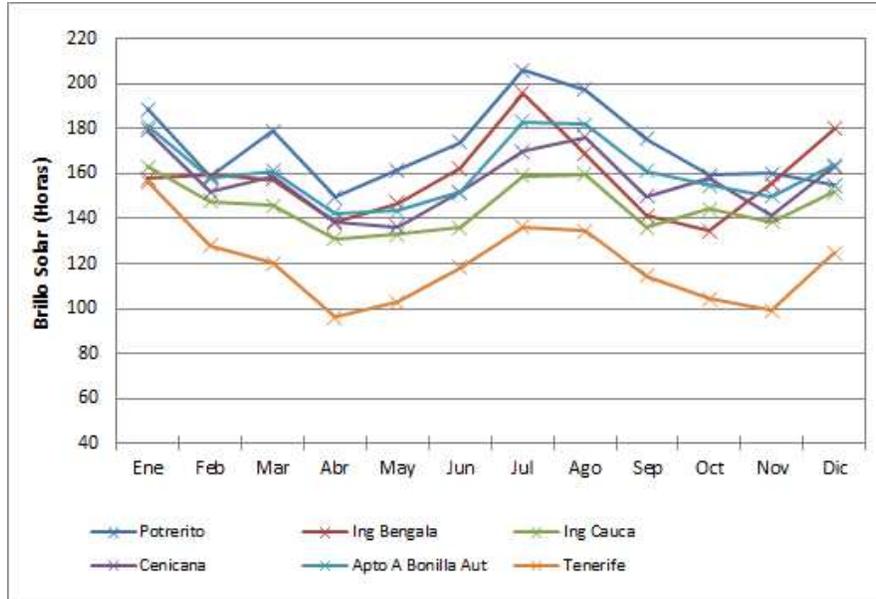
Los valores medios mensuales multianuales de Brillo Solar en la zona 3 del proyecto se encuentran entre el 96 y 206 horas. Encontrándose los valores más altos en la estación Potrerito, y los más bajos en la estación Tenerife. En promedio el valor característico de este parámetro es 1826 horas de sol anuales. A lo largo del año, se observa un régimen bimodal, reportándose los valores más altos de brillo solar en los meses de julio-agosto y diciembre-enero, que coincide con el periodo menos lluvioso de la zona (ver Figura 262y Tabla 215).

**Tabla 215 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Potrerito	188.6	158.6	179.0	149.7	161.8	174.1	206.0	197.5	175.6	159.3	160.1	155.0
Ing Bengala	157.7	159.5	157.4	138.3	147.0	162.2	196.0	168.6	141.3	134.4	155.6	180.2
Ing Cauca	163.1	147.8	145.9	131.2	133.0	136.0	159.0	159.6	135.9	144.4	138.6	151.7
Cenicana	179.3	151.8	158.8	138.7	136.4	152.0	169.8	176.4	150.0	158.0	141.4	163.1
Apto A Bonilla Aut	181.1	157.9	161.4	142.5	143.6	151.7	183.0	181.8	161.3	154.8	149.9	164.0
Tenerife	156.2	128.1	120.0	95.9	102.7	118.1	136.5	134.6	114.4	104.2	98.9	124.5

Fuente: IDEAM, 2012

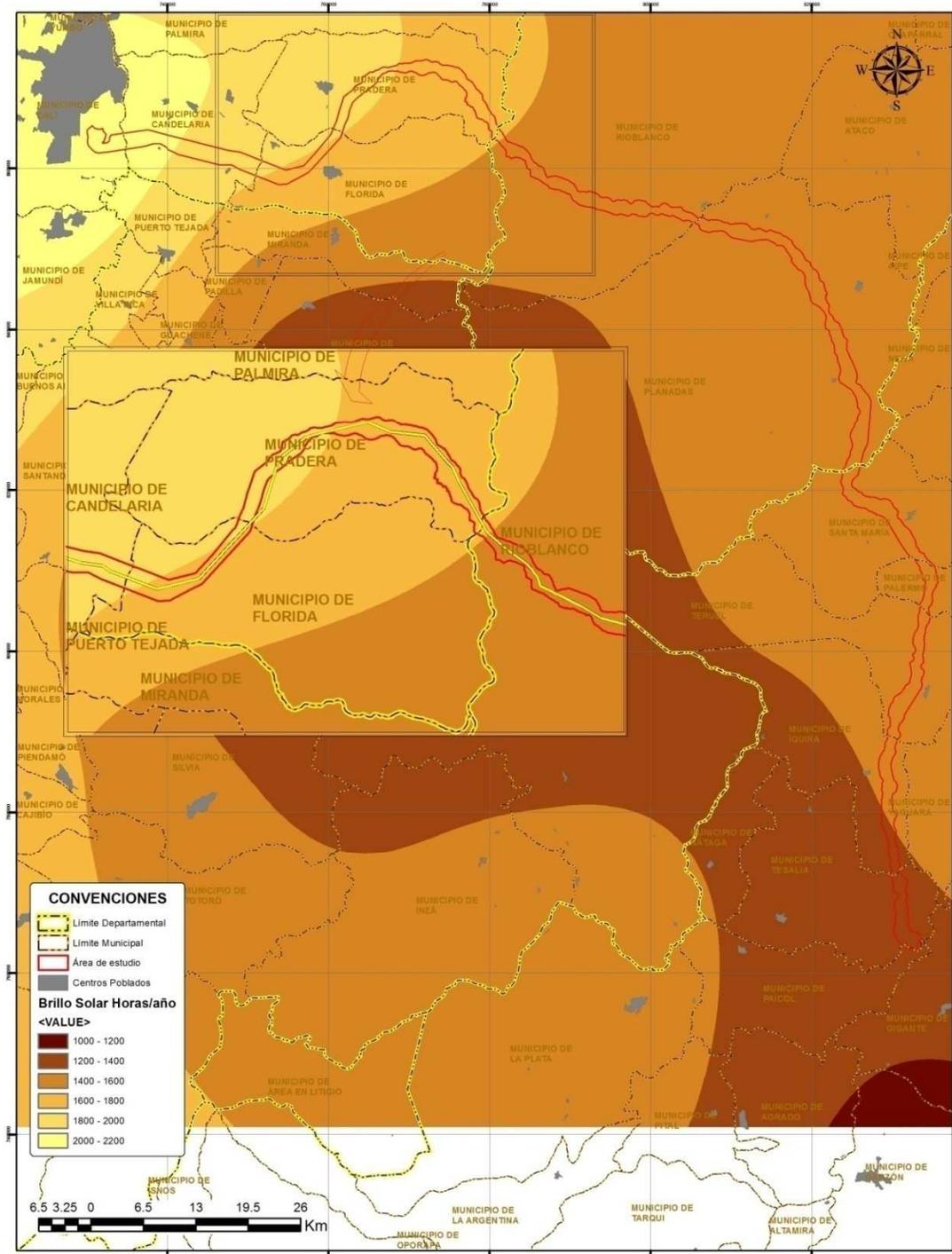
**Figura 262 Brillo Solar media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 263 se presenta la distribución espacial del Brillo Solar para el área de estudio, es posible notar que los hacia la zona noroeste y sureste se presentan los mayores registros de horas de sol entre las 1600 y 1800 horas. Mientras que en la zona del parque Nacional Nevado del Huila se presentan registros menores a 700 horas de sol en el área de estudio.

**Figura 263 Mapa de Isolíneas de Brillo Solar en el Área de Estudio**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

- **Nubosidad**

La nubosidad en la zona del proyecto es muy homogénea, mostrando valores de 4 y 7 octas. En las figuras y tablas siguientes se presenta el comportamiento de nubosidad en la zona del proyecto.

**Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena**

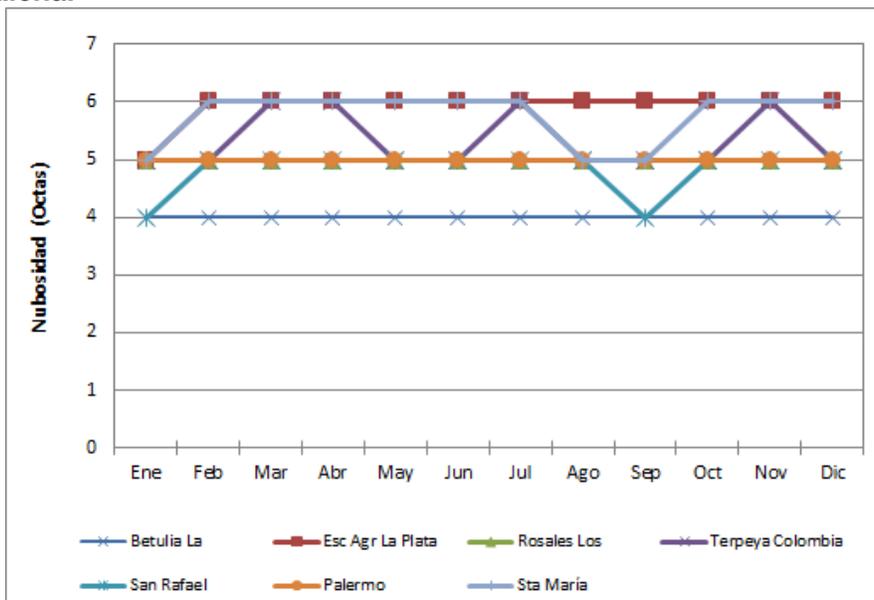
Los valores medios mensuales de nubosidad en la zona 1 oscilan entre los 4 y 6 octas. En la Figura 264 se presenta el comportamiento de la nubosidad. Los valores más altos se presentan en la estación Escuela Agraria La Plata, y los más bajos en la estación la Betulia (ver Figura 264y Tabla 216).

**Tabla 216 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Betulia La	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
EscAgr La Plata	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Rosales Los	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Terpeya Colombia	5	5	6	6	5	5	6	5	5	5	6	5
San Rafael	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
Palermo	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sta María	5	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6

Fuente: IDEAM, 2012

**Figura 264 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 1 - Cuenca Alta Río Magdalena.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 2: Cordillera.

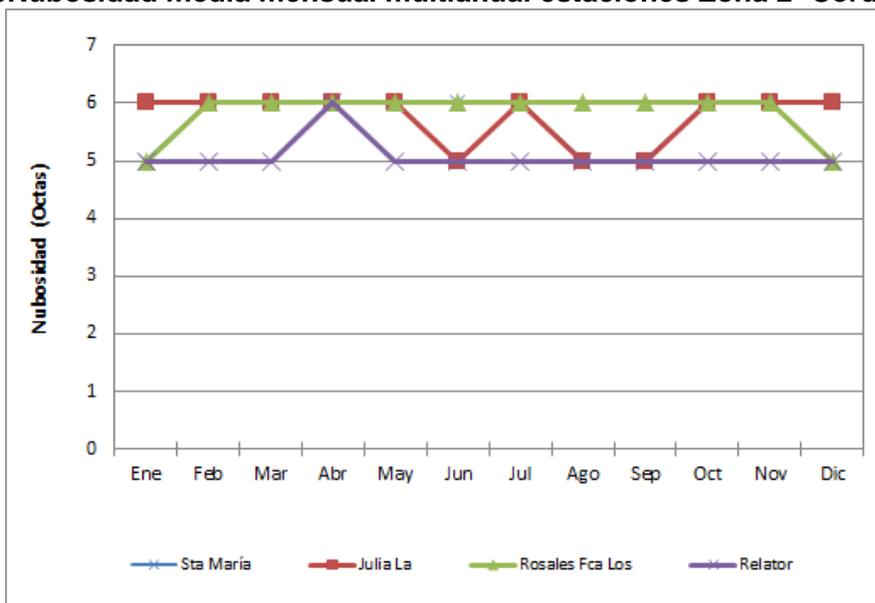
La nubosidad en la zona 2 varía entre los 5 y 6 octas. Las estaciones con mayor registro de nubosidad es Finca Los Rosales y La Julia, y los más bajos en la estación la Relator (ver Tabla 217 y Figura 265).

**Tabla 217 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sta María	5	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6
Julia La	6	6	6	6	6	5	6	5	5	6	6	6
Rosales Fca Los	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5
Relator	5	5	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5

Fuente: IDEAM, 2013.

**Figura 265 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 3: Cuenca Alta Río Cauca

La nubosidad en la zona 3 varía entre los 5 y 7 octas. La estación con mayor registro de nubosidad es Cenicaña, y los más bajos en la estación Ingenio Bengala (ver Figura 266 y Tabla 218).

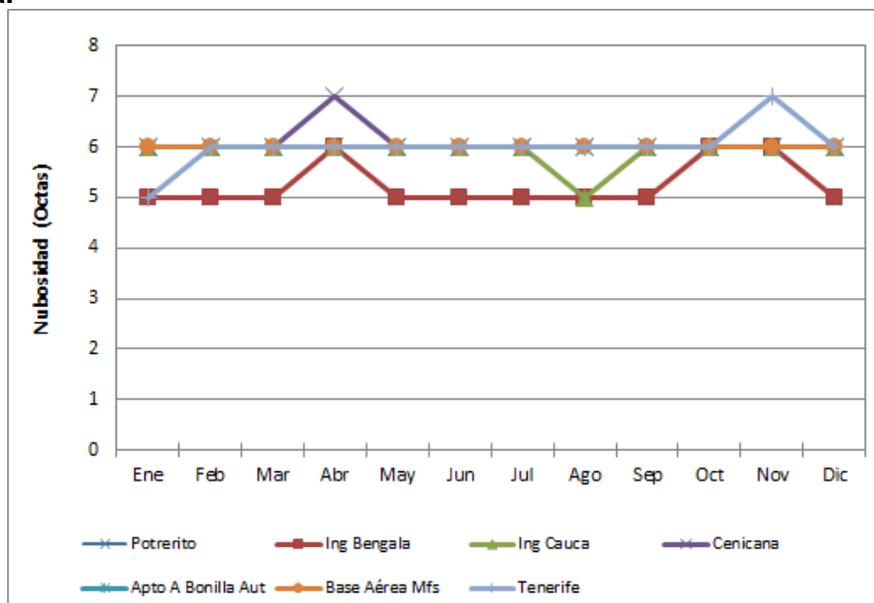
**Tabla 218 Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Potrerito	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Ing Bengala	5	5	5	6	5	5	5	5	5	6	6	5
Ing Cauca	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6
Cenicana	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Apto A Bonilla Aut	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Base Aérea Mfs	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Tenerife	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6

Fuente: IDEAM, 2013.

**Figura 266** Nubosidad media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### • Evaporación

La evaporación refleja las condiciones de retorno del agua a la atmósfera y relaciona otras variables climatológicas tales como temperatura, precipitación y brillo solar.

#### Zona 1: Cuenca Alta Río Magdalena

Los valores de evaporación media mensual multianual en la zona 1 oscilan entre los 69.3 y 199.1 mm en las estaciones Zuluaga y los Rosales, respectivamente, lo cual se explica por la altitud de las mismas.

Los registros de las estaciones muestran un comportamiento bimodal en donde se presentan valores altos en los meses de julio - agosto y diciembre – enero (Ver Figura 267 y Tabla 219).

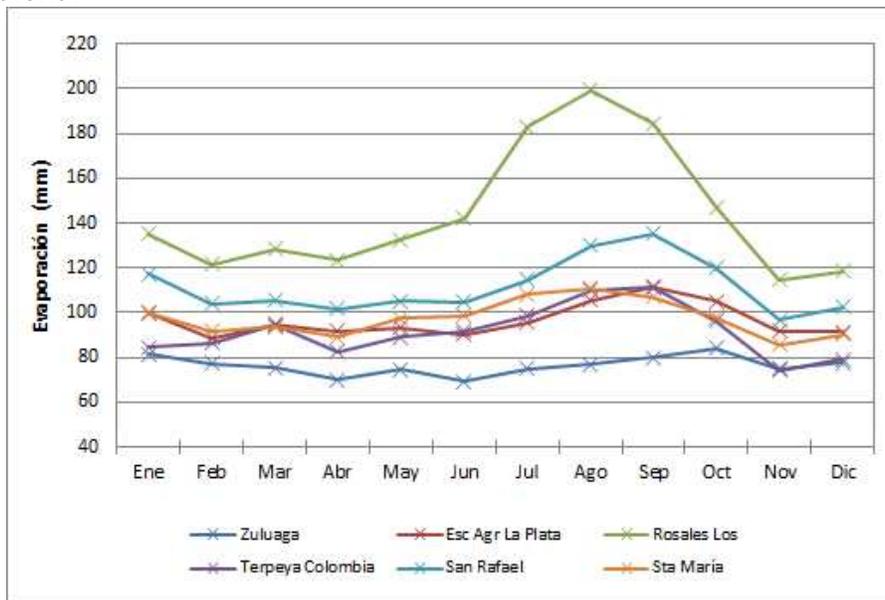
**Tabla 219** Evaporación mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Zuluaga	81.3	77.2	75.5	70.0	74.6	69.3	75.0	77.0	80.1	84.1	75.1	77.8
EscAgr La Plata	99.6	88.8	94.5	91.7	93.4	90.4	95.4	105.6	111.6	105.3	91.6	91.4

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rosales Los	135.4	121.6	128.2	123.5	132.4	141.9	182.9	199.1	184.2	146.9	114.7	118.3
Terpeya Colombia	84.5	86.5	94.8	82.5	89.1	91.7	98.8	109.9	111.3	96.4	74.4	79.1
San Rafael	117.3	103.9	105.6	101.7	105.1	104.8	114.7	129.8	135.4	119.8	96.9	102.4
Sta María	100.0	91.8	93.7	89.2	97.6	98.6	108.3	110.9	107.0	97.8	85.6	90.1

Fuente: IDEAM, 2013.

**Figura 267** Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 1- Cuenca Alta Río Magdalena.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 2: Cordillera.

En la zona 2 sólo se tienen registros medios mensuales multianuales de evaporación en la estación Santa María, y éstos varían entre los 85.6 y 110.9 mm en los meses de noviembre y agosto.

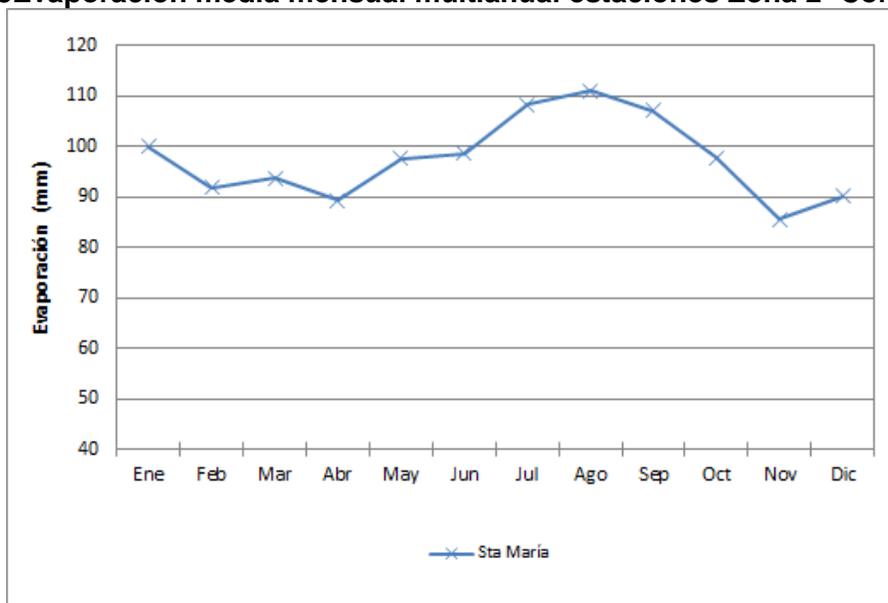
Los registros de las estaciones muestran un comportamiento bimodal en donde se presentan valores altos en los meses de julio - agosto y diciembre - enero (Ver Tabla 220 y Figura 268).

**Tabla 220** Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sta María	100.0	91.8	93.7	89.2	97.6	98.6	108.3	110.9	107.0	97.8	85.6	90.1

Fuente: IDEAM, 2013.

**Figura 268 Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 2- Cordillera.**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Zona 3: Cuenca Alta Río Cauca

Los valores de evaporación media mensual multianual en la zona 3 oscilan entre los 69.6 y 161.5 mm en la estación Tenerife y Aeropuerto Bonilla, respectivamente, lo cual se explica por la altitud de las mismas.

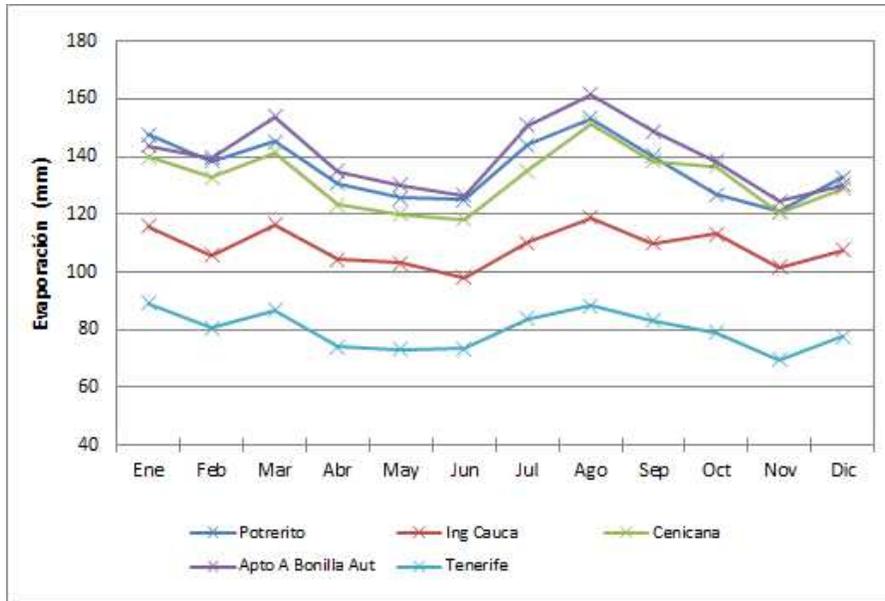
Los registros de las estaciones muestran un comportamiento bimodal en donde se presentan valores altos en los meses de julio - agosto y marzo (Ver Figura 269 y Tabla 221).

**Tabla 221 Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.**

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Potrerito	147.7	138.3	145.2	130.7	125.5	125.0	144.1	153.2	140.2	126.8	120.9	132.8
Ing Cauca	115.7	105.9	116.5	104.4	103.2	98.2	110.1	118.8	109.8	113.1	101.5	107.4
Cenicana	139.8	132.6	141.4	123.4	120.1	118.2	135.0	151.5	138.3	136.6	120.5	129.0
Apto A Bonilla Aut	143.8	139.5	153.7	134.7	130.0	126.5	150.9	161.5	148.7	138.4	124.5	130.2
Tenerife	89.3	80.6	86.7	74.0	73.1	73.6	83.7	88.2	83.1	79.2	69.6	77.7

Fuente: IDEAM, 2013.

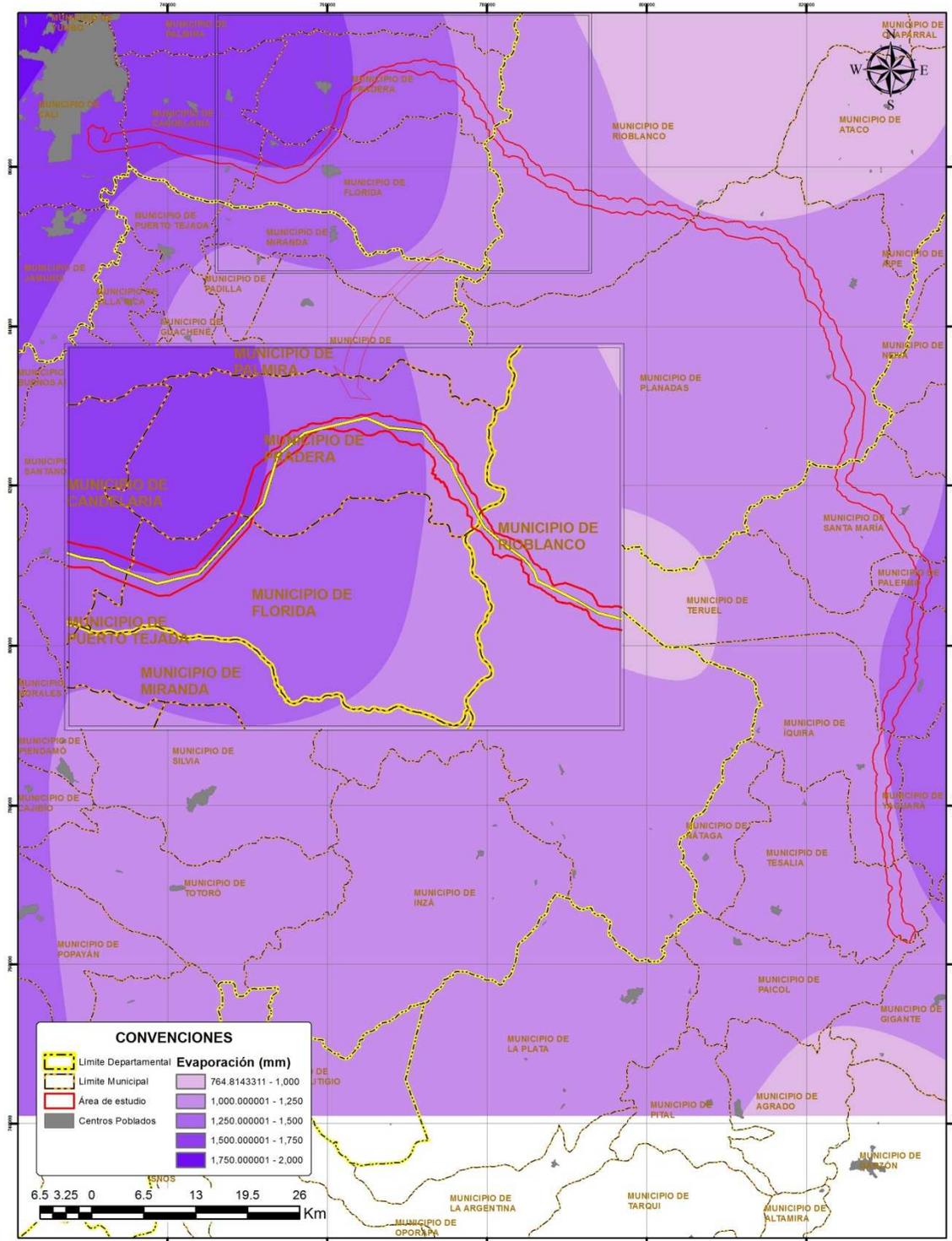
**Figura 269** Evaporación media mensual multianual estaciones Zona 3 - Cuenca Alta Río Cauca.



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 270 se presenta la distribución espacial de la Evaporación para el área de influencia indirecta. Se puede observar que los valores de evaporación se presentan en la zona noroeste del área de estudio, así como el sureste del área, en los municipios de Tesalia, Paicol e Íquira. Los valores de evaporación más bajos se presentan en el área del Parque Nacional Nevado del Huila.

**Figura 270 Mapa de isolíneas de la Evaporación en el Área de Estudio**



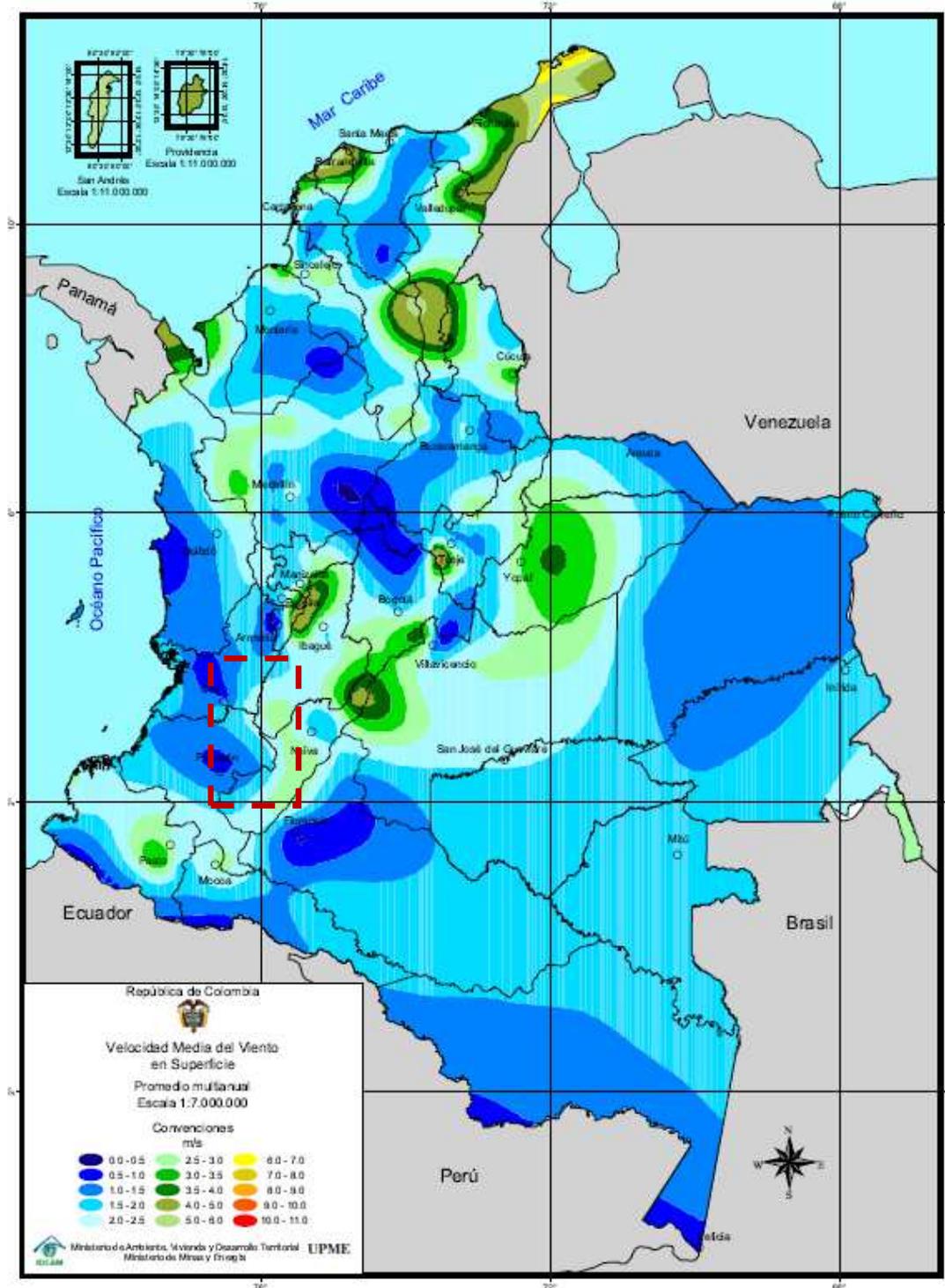
Fuente: Consultoría Colombiana, 2014

- **Viento**

El movimiento del aire resulta del calentamiento, enfriamiento, expansión y contracción ocasionados principalmente por diferencias en la temperatura y por la rotación de la Tierra. El movimiento general del aire con relación a su contenido de humedad y la temperatura, son de importancia geográfica.

Las corrientes fuertes de vientos que inciden con la poca precipitación para la zona hace que se presente una zona seca y degrada actualmente por múltiples factores. La información reportada por las estaciones de medida en la zona y analizada por el Atlas Ambiental (UMPE, 2006), indica que la velocidad media del viento de superficie reportan valores entre 2,0 y 2,5 m/s (Figura 271).

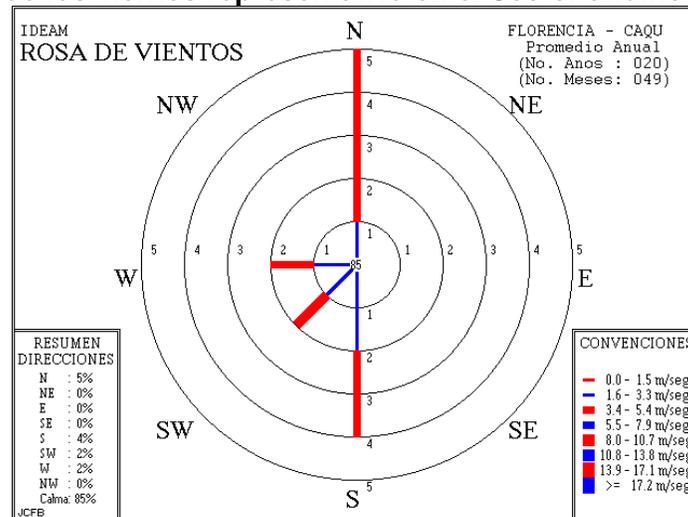
**Figura 271 Mapa de la distribución de la Velocidad de Vientos multianual**



Fuente: UMPE, 2006

En cuanto a la dirección del viento hacia la zona sureste, analizando la rosa de vientos a nivel anual, se puede apreciar que para el período de las 0 – 24 horas predominan la calma con el 85% del tiempo y solo el 5% de los eventos tiene dirección Norte, otro 4% tiene dirección Sur, el 2% provienen del suroeste y otro 2% de los eventos proviene del Oeste. Esta zona se encuentra influenciada por el ciclo de vientos procedentes de la llanura amazónica. En la Figura 272 se ilustra la Rosa de los vientos para la estación del Aeropuerto Artunduaga de Florencia.

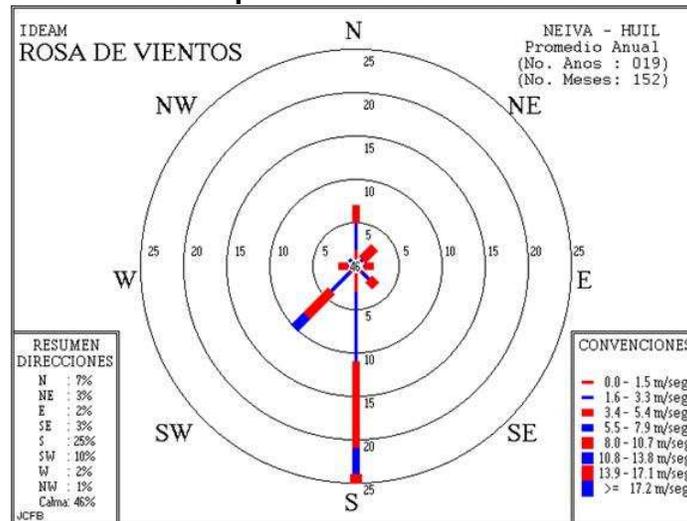
**Figura 272 Rosa de los vientos representativa en el Sector andino suroriental**



Fuente IDEAM

Hacia la zona este del proyecto, el régimen de vientos es determinante del comportamiento de las precipitaciones y especialmente de la localización del óptimo pluviométrico. Para este sector de la zona de estudio, durante la mayor parte del año se presenta calma con el 45%, seguido de los eventos provenientes del Sur con el 25%. Le siguen los eventos de Suroeste con el 10%, y del Norte con el 7%. La velocidad media del viento oscila entre 3.4 y 5.4 m/s a lo largo del año (Figura 273).

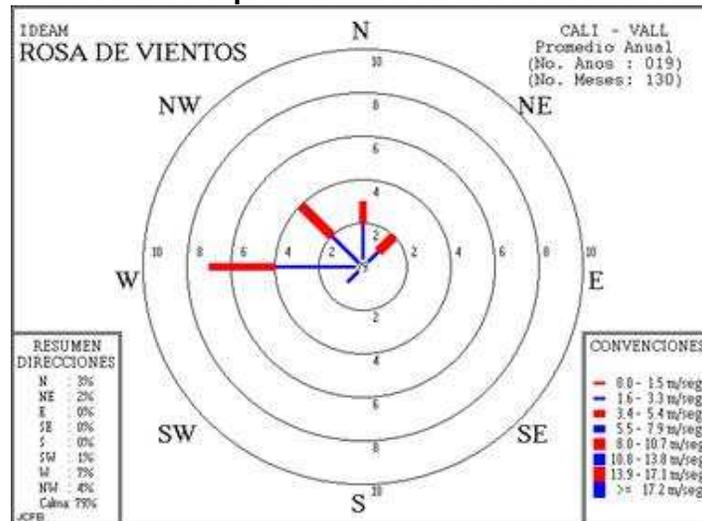
**Figura 273 Rosa de los vientos representativa en el Sector Valle del río Magdalena**



Fuente IDEAM

Hacia el sector noroeste y al otra lado de la cordillera Oriental, la Rosa de Vientos de la estación Aero. Bonilla Aragón los resultados de la medición de la frecuencia muestran que la dirección predominante de donde proviene los vientos en la mayor parte del año son los vientos del oeste (W) con un 7.0%; le siguen en importancia los vientos provenientes del noroeste (NW) con un 4.0% y del norte (N) con 3.0%. Las demás direcciones se presentan con una frecuencia menor (Figura 274).

**Figura 274 Rosa de los vientos representativa en el Sector noroccidental**

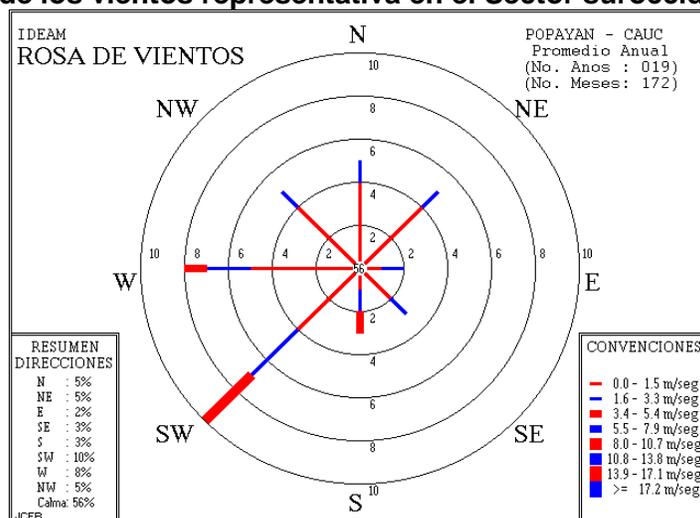


Fuente IDEAM

Finalmente, hacia el sector suroeste de la zona de estudio, el análisis de la Rosa de Vientos de la estación de registro localizado en el Aero. Guillermo León Valencia, indica que la mayor frecuencia proviene del suroeste con un 10% del tiempo, seguido de los

originados desde el oeste con el 8% de la frecuencia. Con el 5% de las frecuencias se encuentran los vientos provenientes del noroeste, norte y noreste, cada uno. El 3% de las frecuencias ocurre desde el sureste y el sur (Figura 275).

**Figura 275 Rosa de los vientos representativa en el Sector suroccidental**



Fuente IDEAM

### • Balance hídrico

Teniendo en cuenta que los diferentes factores climáticos propician condiciones específicas para el transporte de agua y que determinan a la vez la oferta hídrica en una zona determinada, se hace necesaria la elaboración de un balance hídrico en el cual se establezcan los periodos de escases y de disponibilidad del recurso para el área de estudio. Esto se puede establecer a partir del análisis integrado de los fenómenos asociados a la dinámica del agua en la atmosfera y su intercambio con el suelo, como son: el proceso de evapotranspiración, la precipitación, los procesos de infiltración o almacenamiento y los procesos de escorrentía por exceso del recurso. Este balance correlaciona estos últimos parámetros bajo el principio de conservación de la masa dando como resultado final la disponibilidad o déficit del recurso.

Las estaciones utilizadas para realizar los balances hídricos, fueron aquellas que representan mejor las condiciones del área de estudio por su ubicación espacial; de esta forma, al flanco oriental de la cordillera Central se seleccionaron las estaciones La Herrera y Puerto Saldaña, mientras que para el flanco occidental de la Cordillera, las estaciones Florida y Esperanza Pradera, como las más representativas para cada región.

El balance comienza a partir de los registros de precipitación y de la evaporación potencial, partiendo del mes que da fin al periodo más seco del año. Se toma como valor teórico de almacenamiento de agua en el suelo una columna de 100 mm, la cual al ser superada al final de mes, genera un exceso que se convierte en escorrentía superficial.

La evapotranspiración potencial, en principio se puede calcular por medio de la fórmula de Thornthwaite:

$$ETP = 16 * 10 \left( \frac{T}{I} \right)^a$$

Donde:

- ETP: evapotranspiración en mm.
- I: índice calórico, constante para la región dada y es la suma de 12 índices mensuales i, donde i es función de la temperatura media normal mensual [i: (t/5)<sup>1,514</sup>].
- T: temperatura media mensual (no normal) en °C
- a: exponente empírico, función de I, el cual tiene la siguiente fórmula:

$$a = (6,75 \times 10^{-7}) \times I^3 - (7,71 \times 10^{-5}) \times I^2 + (1,79 \times 10^{-2}) I + 0,49239$$

#### Balance hídrico estación La Herrera

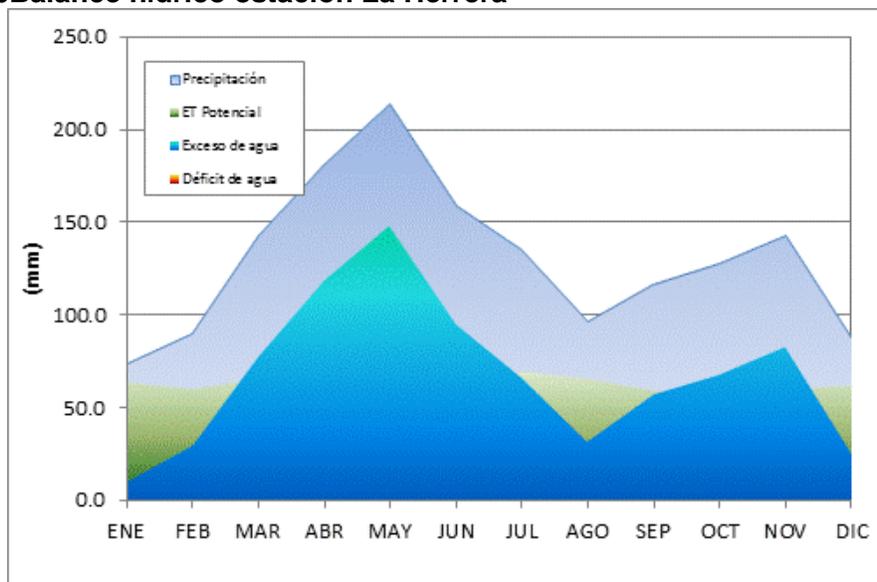
Con base en la evapotranspiración potencial proyectada para esta estación, que varía entre 58,9 mm, en el mes de septiembre, y 69,7 mm, en el mes de julio, en la Tabla 222 se presenta el balance hídrico realizado y en la Figura 25 la dinámica del recurso hídrico a través del año para el área circundante a esta estación.

**Tabla 222 Balance hídrico estación La Herrera**

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA (°C)	16.7	17.1	17.0	16.6	16.8	16.8	17.4	16.8	16.1	16.1	16.4	16.5	16.8
PRECIPITACION (mm)	73.7	90.0	143.0	181.0	214.5	159.3	135.4	97.0	116.0	127.5	142.6	86.9	1566.9
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	63.8	60.0	65.8	62.6	66.4	64.5	69.7	65.7	58.9	60.0	60.1	62.0	759.4
ALMACENAJE DE AGUA UTIL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	0.0
EXCESO DE AGUA	9.9	30.0	77.2	118.4	148.1	94.8	65.7	31.3	57.1	67.5	82.5	24.9	807.5
DEFICIT DE AGUA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EVAPOTRANSPIRACION REAL	63.8	60.0	65.8	62.6	66.4	64.5	69.7	65.7	58.9	60.0	60.1	62.0	759.4
RELACION DE HUMEDAD	0.15	0.50	1.17	1.89	2.23	1.47	0.94	0.48	1.0	1.12	1.37	0.40	0.0

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 276 Balance hídrico estación La Herrera**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Como se puede observar en la Figura anterior, ninguno de los meses tiene déficit de agua. Los niveles más bajos de exceso se presentan en los meses de diciembre (24.9 mm) y enero (9.9 mm), continuando un aumento progresivo en los niveles de precipitación hasta el valor máximo de excedencia en el mes de mayo (148.1 mm), siguiendo con un descenso hasta el mes de agosto con 31.3 mm, con un aumento posterior, durante la segunda temporada húmeda dl año, hasta un valor de 82.5 mm en el mes de noviembre.

*Balance hídrico estación Puerto Saldaña*

Con base en la evapotranspiración potencial proyectada para esta estación, que varía entre 93,4 mm, en el mes de octubre, y 116,4 mm, en el mes de agosto, en la Tabla 223 se presenta el balance hídrico realizado y en la Figura 277 la dinámica del recurso hídrico a través del año para el área circundante a esta estación.

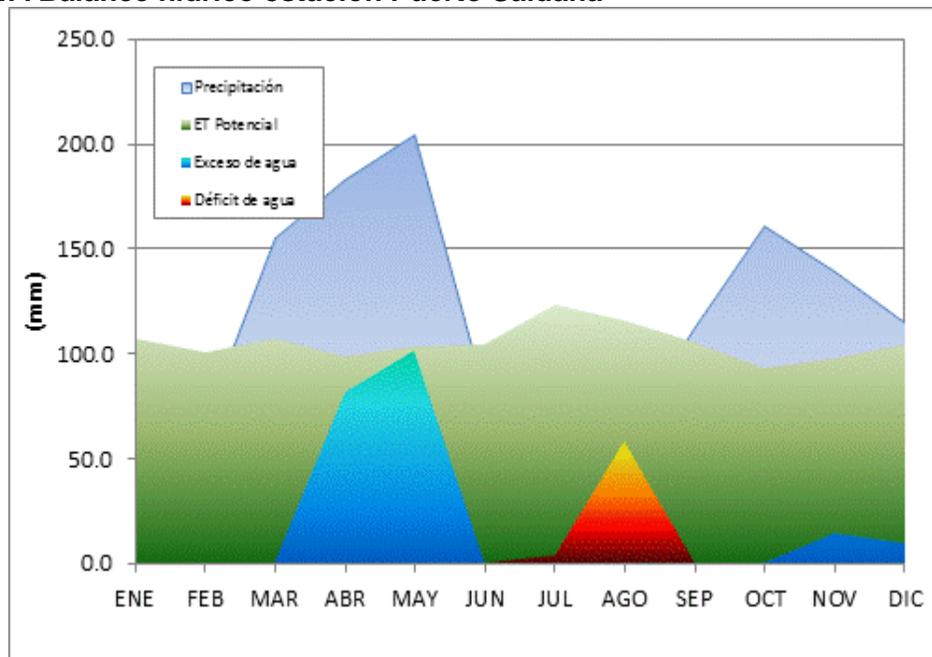
**Tabla 223 Balance hídrico estación Puerto Saldaña**

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA (°C)	24.3	24.6	24.3	23.7	23.8	24.1	25.3	24.8	24.3	23.2	23.8	24.2	24.2
PRECIPITACION (mm)	91.0	67.0	155.1	182.3	205.0	79.7	44.0	58.1	111.3	160.7	138.7	114.6	1241.0
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	107.4	100.6	107.4	98.6	103.8	104.7	123.6	116.4	105.3	93.4	97.9	105.0	1264.1
ALMACENAJE DE AGUA UTIL	83.6	50.0	97.7	100.0	100.0	75.0	0.0	0.0	6.0	73.3	100.0	100	0.0
EXCESO DE AGUA	0.0	0.0	0.0	81.4	101.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1	9.6	206.4
DEFICIT DE AGUA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	58.3	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
EVAPOTRANSPIRACION REAL	107.4	100.6	107.4	98.6	103.8	104.7	119.0	58.1	105.3	93.4	97.9	105.0	1201.1
RELACION DE HUMEDAD	-0.15	-0.33	0.44	0.85	0.98	-0.24	-0.64	-0.50	0.1	0.72	0.42	0.09	0.0

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 277 Balance hídrico estación Puerto Saldaña**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En este caso, como se puede observar en la Figura 277, se refleja nuevamente la presencia de la temporada seca durante los meses de julio a septiembre, por el déficit que se presenta durante estos meses, debido a los bajos niveles de precipitación que se presentan desde el mes de junio hasta principios de septiembre (79.7, 44,0 y 58,1 mm respectivamente) y a una evapotranspiración potencial, que según la proyección realizada, sobrepasa estos valores durante el mismo periodo (123,6, 116.4 y 105.3 mm respectivamente). Luego de esto, el aumento progresivo en los niveles de precipitación causa una disminución en el déficit a partir de julio hasta septiembre y un crecimiento en la oferta del recurso por la presencia de excesos desde el mes de abril y mayo; y durante los meses de octubre y noviembre. Esto genera el abastecimiento de la red hídrica de la zona a partir de este mes, prolongándose hasta el mes de noviembre, con la presencia de picos durante el mes de mayo (101,2 mm), un decaimiento progresivo que la sigue a este mes, con aumentos leves en los excesos durante el mes de octubre y noviembre (Figura 277) y finalmente el comienzo de la temporada a finales de año.

#### *Balance hídrico estación Incauca*

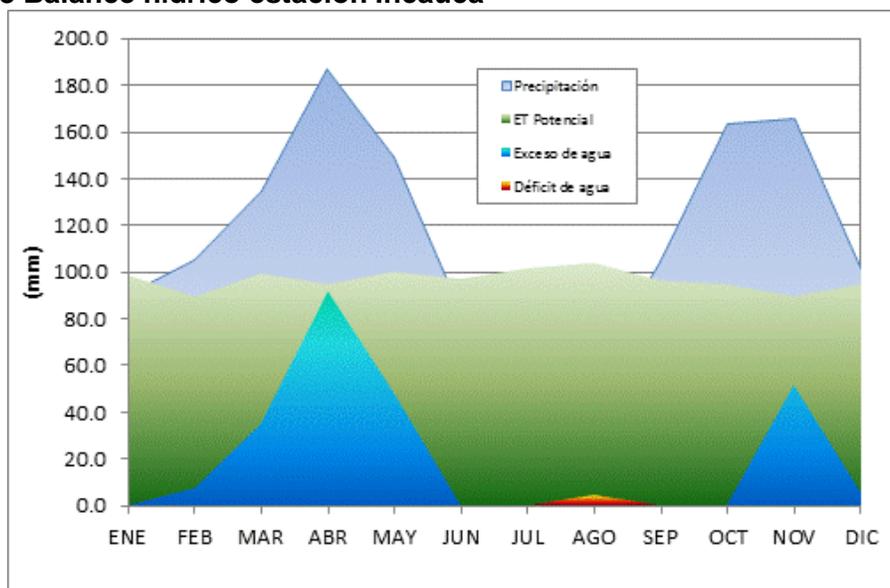
Con base en la evapotranspiración potencial proyectada para esta estación, que varía entre 90,0 mm, en el mes de noviembre, y 100,2 mm, en el mes de mayo, en la Tabla 224 se presenta el balance hídrico realizado y en la Figura 278 la dinámica del recurso hídrico a través del año para el área circundante a esta estación.

**Tabla 224 Balance hídrico estación Incauca**

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA (°C)	23.4	23.5	23.5	23.2	23.3	23.3	23.5	23.7	23.4	23.1	22.9	23.2	23.3
PRECIPITACION (mm)	91.0	105.4	135.0	187.3	148.7	82.5	58.7	57.2	104.3	163.7	165.7	100.7	1400.2
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	98.5	90.0	99.7	95.2	100.2	97.3	101.6	104.1	96.6	95.0	90.0	95.2	1163.6
ALMACENAJE DE AGUA UTIL	92.5	100.0	100.0	100.0	100.0	85.2	42.2	0.0	7.7	76.4	100.0	100	0.0
EXCESO DE AGUA	0.0	7.9	35.3	92.1	48.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0	5.5	241.2
DEFICIT DE AGUA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7
EVAPOTRANSPIRACION REAL	98.5	90.0	99.7	95.2	100.2	97.3	101.6	99.4	96.6	95.0	90.0	95.2	1159.0
RELACION DE HUMEDAD	-0.08	0.17	0.35	0.97	0.48	-0.15	-0.42	-0.45	0.1	0.72	0.84	0.06	0.0

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 278 Balance hídrico estación Incauca**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Como se puede observar en la Figura 278, el déficit en esta estación se registra a mediados del año, durante los meses de julio a octubre, siendo el mes de agosto el que presenta los más altos niveles escasos (4,7 mm). Esto se debe a los bajos índices de

precipitación que se dan en esta época del año, que según los registros mostrados anteriormente para esta estación, son los más bajos de la zona. Las lluvias aumentan durante los meses de marzo a mayo, el primer semestre, y en los meses de noviembre y diciembre en el segundo semestre del año.

La mayor disponibilidad de agua se da durante el mes de abril con un exceso de 92.1 mm, mientras que el mínimo se presenta en el mes de diciembre con 5,5 mm. Como se puede observar este comportamiento es bimodal.

#### *Balance hídrico estación Cenicaña*

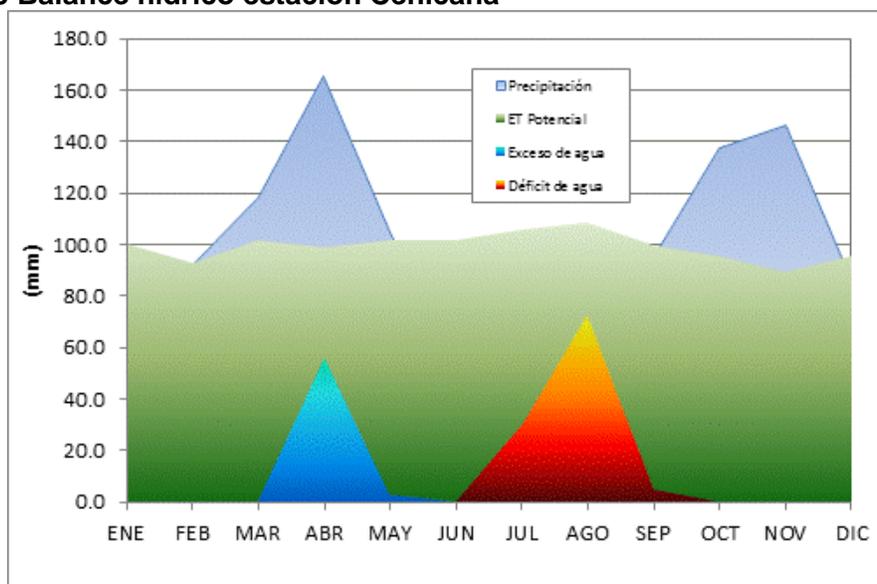
Con base en la evapotranspiración potencial proyectada para esta estación, que varía entre 89,2 mm, en el mes de noviembre, y 105.9 mm, en el mes de julio, en la Tabla 225 se presenta el balance hídrico realizado y en la Figura 279 la dinámica del recurso hídrico a través del año para el área circundante a esta estación.

**Tabla 225 Balance hídrico estación Cenicaña**

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANU AL
TEMPERATUR A (°C)	23.6	23.8	23.7	23.6	23.5	23.7	23.9	24.1	23.7	23.2	22.9	23.3	23.6
PRECIPITACIO N (mm)	84.9	91.8	118.5	165.7	104.5	49.1	28.0	36.1	94.3	137.4	146.4	84.9	1141. 6
EVAPOTRANS PIRACION POTENCIAL	100.2	92.7	101.4	99.2	101.9	101.4	105.9	108.5	99.4	95.4	89.2	95.6	1190. 8
ALMACENAJE DE AGUA UTIL	73.1	72.2	89.3	100.0	100.0	47.7	0.0	0.0	0.0	42.0	99.2	88	0.0
EXCESO DE AGUA	0.0	0.0	0.0	55.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.5
DEFICIT DE AGUA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.2	72.4	5.1	0.0	0.0	0.0	107.7
EVAPOTRANS PIRACION REAL	100.2	92.7	101.4	99.2	101.9	101.4	75.7	36.1	94.3	95.4	89.2	95.6	1083. 1
RELACION DE HUMEDAD	-0.15	-0.01	0.17	0.67	0.03	-0.52	-0.74	-0.67	-0.1	0.44	0.64	-0.11	0.0

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 279 Balance hídrico estación Cenicaña**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Teniendo en cuenta el balance hídrico (Figura 29), el déficit en esta estación se presenta también entre los meses de junio a septiembre; debido a unos bajos índices de precipitación durante estos meses del año (49,1, 28.0 y 36.1 mm, respectivamente) y a los valores de evapotranspiración potencial más altos del año (108.5 mm). El máximo exceso se presenta durante el mes de abril con 55.6 mm, teniendo en cuenta que durante este mes y el mes de marzo se presentan los niveles de precipitación más altos.

Como se puede observar este comportamiento es bimodal y se liga principalmente a los cambios en los eventos de precipitación y las fluctuaciones en la temperatura a lo largo del ciclo anual.

- **Clasificación bioclimática**

La diversidad climática está determinada en gran medida por la ubicación geográfica y por las características fisiográficas del territorio. Una gran variedad de índices se usan con el fin de parametrizar el clima. Los índices empleados tienen grados diferentes de complejidad, desde los que utilizan sólo la precipitación y la temperatura como los índices de Martonne y Caldas Lang, hasta los que utilizan varios parámetros como el índice de Thornthwaite.

El método de Caldas Lang requiere la estimación del índice de efectividad de la precipitación o índice fitoclimático de Caldas – Lang, el cual combina la precipitación y la temperatura medias multianuales, de tal manera que entre mayor sea la temperatura, mayor es la evaporación. Las categorías climáticas resultantes de acuerdo con el valor del índice fitoclimático son las que se indican en la Tabla 226

Por otra parte Lang en 1.915 estableció su clasificación basado en el cociente que se obtiene al dividir el valor de la precipitación anual (mm) por la temperatura media anual (°C), conocido como Índice de Efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang:

**Tabla 226 Índice climático según método de Caldas-Lang**

PRECIPITACIÓN / TEMPERATURA	TIPO CLIMÁTICO
0 – 20	Desértico
20 – 40	Árido
40 – 60	Semiárido (Zonas húmedas de estepa y sabana)
60 – 100	Semihúmedo (zonas húmedas de bosques claros)
100 – 160	Húmedo (zonas húmedas de grandes bosques)
>160	Superhúmedo (zonas superhúmedas con prados y tundras)

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

El método de clasificación climática propuesto por Thornwaite se basa en los valores de precipitación y evapotranspiración potencial medias multianuales. Este método define el índice de humedad lh:

$$lh = (P - ETP) / ETP * 100$$

Y el índice de aridez la como:

$$la = (ETP - P) / ETP * 100$$

Para tener en cuenta la variación temporal de la precipitación, y en consecuencia la influencia desigual de los índices de humedad y aridez, Thornwaite define un índice hídrico anual Im como:

$$Im = lh - 0.6 la$$

De acuerdo con los valores de índice hídrico anual y los de evapotranspiración potencial, se tienen las clasificaciones mostradas en la Tabla 227

**Tabla 227 Índices de Clasificación Climática**

Im	TIPO DE CLIMA	ETP (CM)	TIPO DE CLIMA
>100	Super Húmedo	>114	Cálido
80 – 100	Muy Húmedo	99.7 – 114	Semicálido
60 – 80	Húmedo	85.5 – 99.7	Templado – Cálido
40 – 60	Moderadamente Húmedo	71.2 – 85.5	Templado – Frío
20 – 40	Ligeramente Húmedo	57 – 71.2	Semifrío
0 – 20	Semihúmedo	42.7 – 57	Frío Moderado
(-20) – 0	Semiseco	28.5 – 42.7	Frío Acentuado
(-40) – (-20)	Seco	14.2 – 28.5	De Tundra
(-60) – (-40)	Árido	<14.2	Helado

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Tabla 228 se presenta el resumen de las estimaciones de los factores de Índice de Humedad, Índice de Aridez y Factor de Humedad para las estaciones de la zona de

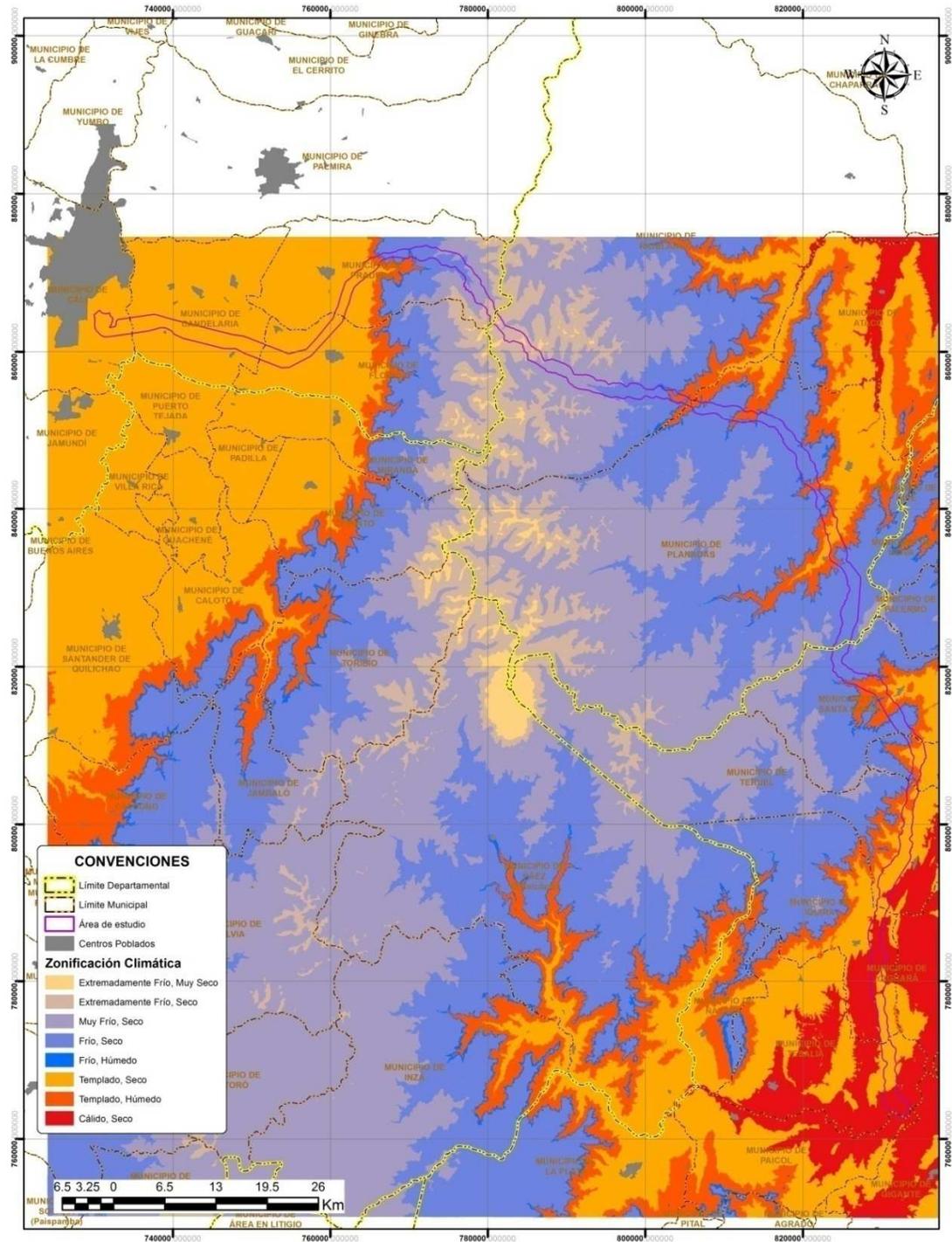
estudio y a partir de las cuales se elaboró el plano de Clasificación Climática que se muestra en la Figura 277.

**Tabla 228 Clasificación Climática en el Área de Estudio**

CODIGO	NOMBRE	Parámetros de Clima - Método de Thornthwaite								
		Exceso de Agua	Déficit de agua	Indice de humedad	indice de aridez	factor de humedad	Pmedia	Tmedia	P/T	ETP media mensual
				lh	la	lm	mm	oC	mm/oC	mm
2102502	Altamira El Grifo	0.00	31.51	0.00	2.81	-1.69	1089.40	22.91	47.55	93.41
2103502	Resina	1459.24	0.00	199.01	0.00	199.01	2192.50	15.88	138.04	61.11
2103504	El Líbano	145.77	0.00	13.49	0.00	13.49	1226.40	22.48	54.57	90.05
2104501	La Betulia	0.00	180.81	0.00	14.22	-8.53	1090.60	24.27	44.94	105.95
2105502	Esc. Agr. La Plata	510.85	0.00	48.58	0.00	48.58	1562.50	22.13	70.59	87.64
2105503	Santa Leticia	1060.40	0.00	145.52	0.00	145.52	1789.10	15.73	113.77	60.73
2106504	Zuluaga	433.11	0.00	47.33	0.00	47.33	1348.30	20.18	66.80	76.27
2108504	Terpeya Colombia	1261.61	0.00	149.50	0.00	149.50	2105.50	18.80	111.99	70.32
2110505	Los Rosales	59.99	368.52	3.70	22.73	-9.94	1313.10	26.43	49.68	135.14
2112501	Santa María	544.79	0.00	56.81	0.00	56.81	1503.80	20.88	72.04	79.92
2112502	Palermo	267.40	367.41	16.48	22.65	2.89	1522.40	26.43	57.61	135.20
2113505	La Julia	952.55	0.00	113.36	0.00	113.36	1792.80	18.72	95.79	70.02
2116501	Puesto de Monta	163.63	401.91	8.20	20.15	-3.89	1756.40	27.98	62.77	166.22
2201501	Los Rosales FCA	1070.40	0.00	144.01	0.00	144.01	1813.70	16.19	112.01	61.94
2201502	Relator	1244.10	0.00	110.89	0.00	110.89	2366.00	22.89	103.36	93.49
2601502	Paletará	594.32	0.00	95.92	0.00	95.92	1213.90	11.12	109.20	51.63
2602507	Gabriel López	451.51	0.00	74.41	0.00	74.41	1058.30	10.43	101.52	50.57
2602509	Venta de Cajibío	1451.11	0.00	174.81	0.00	174.81	2281.20	18.48	123.42	69.17
2602510	Tunia	1262.70	0.00	147.22	0.00	147.22	2120.40	19.08	111.11	71.47
2603503	Aerp. Guillermo Valencia	1234.61	0.00	144.31	0.00	144.31	2090.10	19.04	109.76	71.29
2603504	La Salvajina	1266.25	0.00	111.72	0.00	111.72	2399.70	23.03	104.22	94.45

Fuente: IDEAM 2012 – Consultoría Colombiana 2014

**Figura 31. Mapa de Clasificación Climática del área**



Fuente: Consultoría Colombiana, 2014.

### 3.2.7.2 Calidad del aire

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los análisis de calidad de aire realizados para el proyecto "línea de transmisión tesalia-alférez 230 kV y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 - 2009".

El monitoreo fue realizado por la Corporación Integral del Medio Ambiente C.I.M.A., acreditada por el IDEAM mediante la Resolución 3698 del 28 de diciembre de 2011 bajo la norma NTC ISO 17025/2005. Para este monitoreo se analizó de manera preliminar, las posibles fuentes de emisión en la zona de estudio, los cuerpos receptores y factores climatológicos, para dicho análisis se ubicaron cinco (5) estaciones de calidad del aire en el área de estudio, en las cuales se determinaron las concentraciones de los siguientes compuestos: Partículas Suspendidas Totales (PST), Material particulado menos a 10 micras (PM-10), Óxidos de Nitrógeno (NOx), y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), con muestreos diarios de 24 horas durante dieciocho (18) días continuos. El análisis de Monóxido de Carbono (CO) se efectuó de manera puntual, cada uno de los 18 días de monitoreo. El análisis de las muestras fue realizado por CIAN LTDA, laboratorio acreditado por el IDEAM para la Matriz Aire mediante Resolución 2428 del 9 de octubre de 2013.

En el anexo C1-09-01 se presenta los Informes detallados Calidad del aire.

- **Normas de referencia**

Las normas de calidad de aire están establecidas en la Resolución 601 de 2006 y 610 del 2010 del Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial. Los límites para concentraciones de contaminantes en el aire ambiente se toman de la resolución 610 de 2010, Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio. Los límites establecidos a condiciones Normales (298,15 K y 101,325 kPa) se muestran en la Tabla 229.

**Tabla 229 Niveles Máximos permisibles para contaminantes criterios**

Contaminante	Unidad	Límite Máximo Permissible	Tiempo de Exposición
PST	µg/m <sup>3</sup>	100	Anual
		300	24 horas
PM10	µg/m <sup>3</sup>	50	Anual
		100	24 horas
SO <sub>2</sub>	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.031 (80)	Anual
		0.096 (250)	24 horas
		0.287 (750)	3 Horas
NO <sub>2</sub>	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.053 (100)	Anual
		0.08 (150)	24 Horas
		0.106 (200)	1 Hora
CO	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	8,8 (10)	8 Horas
		35 (40)	1 Hora
		35 (40)	1 Hora

Fuente: Resolución 601 de 2006

- **Metodología de monitoreo y estudio de calidad del aire**

Las metodologías de monitoreo y evaluación de calidad del aire en el área de influencia son las estipuladas por la US EPA CFR parte 40.

**Tabla 230 Métodos de muestreo y análisis de parámetros de calidad del aire**

Parámetro	Muestreo	Método de análisis	Referencia
Partículas suspendidas (PST)	Hi-vol	Gravimétrico	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice B
Material Particulado < 10 micras (PM-10)	Hi-vol – PM-10	Gravimétrico	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice J
Dióxido de azufre (Sox)	Tren de muestreo Andersen	Colorimétrico (Pararosanilina)	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice A
Dióxido de nitrógeno (Nox)	Tren de muestreo Andersen	Colorimétrico (NEDA)	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice F
Hidrocarburos Totales	Bomba de Bajo Caudal	Cromatografía de gases	US EPA-TO-17 Tubos Absorbentes
Monóxido de carbono	Mini CO	Electroquímico	RFCA-0981-054

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

- **Equipos utilizados**

En la Tabla 231 se puede ver el listado de los equipos más importantes utilizados durante el monitoreo.

**Tabla 231 Equipos utilizados durante el muestreo**

Equipo	Código interno	Serial
Hi Vol TSP	CA-001-EM	No reportado
Hi Vol PM-10	CA-004-EM	No reportado
Rac de gases	CA-007-EM	No reportado
Calibrador Variflow	CA-042-EC	9833620
Calibrador Rac de gases	CA-011-EC	No reportado
MINICO	SO-031-EM	A5-79228-L07
GPS	AP-077-EM	1J032995

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En el anexo C1-09-01 se presentan los soportes de calibración y las curvas de calibración de cada uno de los equipos.

- **Estaciones de muestreo**

A continuación se describe el área en la cual operó cada una de las estaciones de calidad del aire:

### Estación 1 - Varas Mesón

La estación se ubicó a una altura de 1344 msnm, en las coordenadas referenciadas en la Tabla 232, vereda Varas Mesón, Predio La macarena a 30 Metros al sureste de la vivienda, cerca de las torres de telecomunicaciones.

#### Foto 290 Ubicación de la Estación 1, Varas Mesón



Fuentes: Google Earth-CIMA.

### Estación 2 – El Diamante

La estación se ubicó a una altura de 1365 msnm, en las coordenadas referenciadas en la Tabla 232 a 20 Metros al nororiente del predio Villa Esperanza en el margen de la vía Gaitania - Planadas.

#### Foto 291 Ubicación de la Estación 2, El Diamante

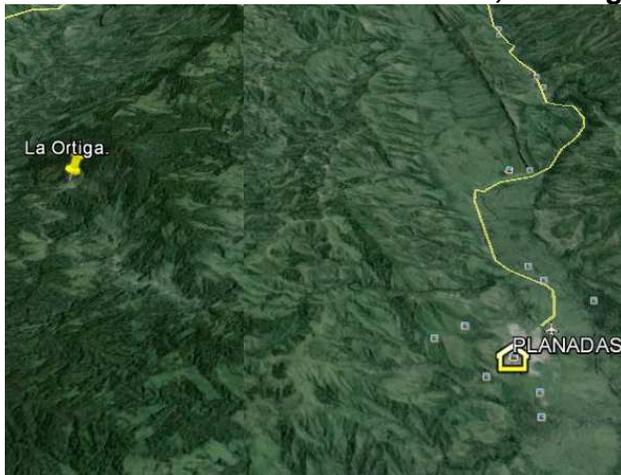


Fuentes: Google Earth-CIMA

### Estación 3 (Blanco) – La Ortiga

La estación se ubico a 20 m al suroccidente de la vivienda propiedad de Arsenio Osorio, margen derecho de la vía que va de planadas a La herrera, a una altura de 2464 msnm.

#### Foto 292 Ubicación de la Estación 3, La Ortiga

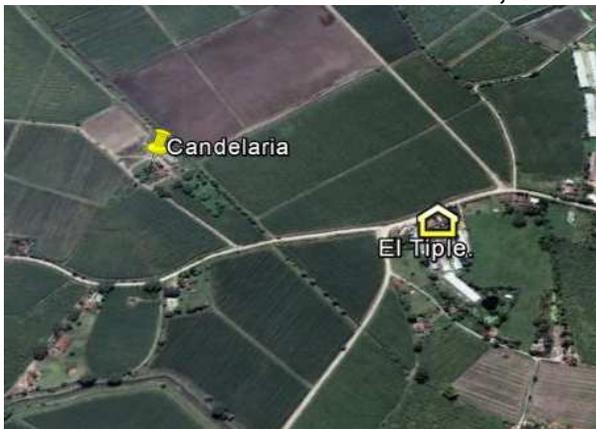


Fuentes: Google Earth-CIMA

### Estación 4 – Candelaria-Tiple Abajo

La estación se ubicó a una altura de 958 msnm, en las coordenadas referenciadas en la Tabla 232, en el predio Los Almendros.

#### Foto 293 Ubicación de la Estación 4, Candelaria-Tiple Abajo

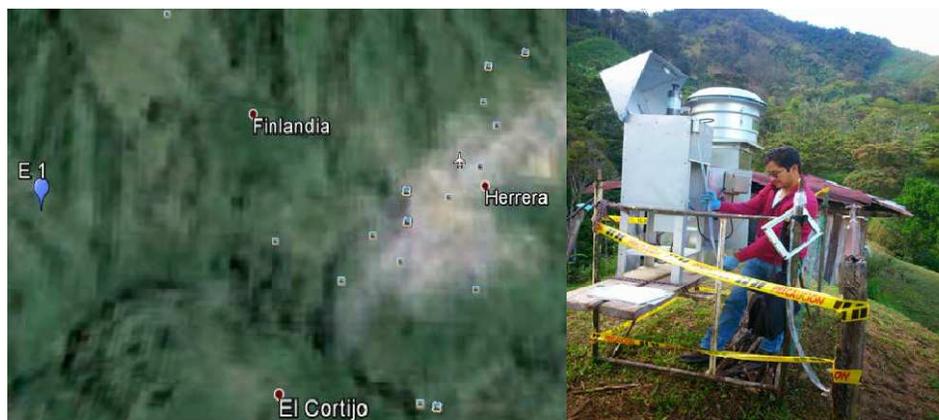


Fuentes: Google Earth-CIMA

### Estación 5 – La Herrera - Rio Blanco

La estación se ubicó a una altura de 1688 msnm, en las coordenadas referenciadas en la Tabla 232 jurisdicción del corregimiento la Herrera, Predio El Edén. a 300 Metros al Suroriente de la carretera que va de el casco urbano La Herrera al resguardo Las Mercedes.

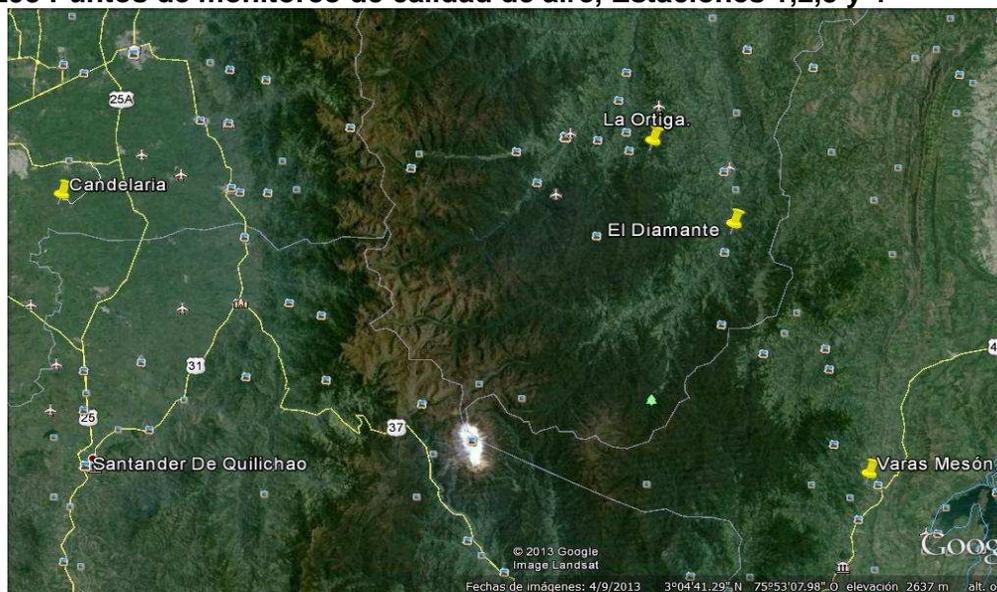
#### Foto 294 Ubicación de la Estación 5, La Herrera - Rio Blanco



Fuentes: Google Earth-CIMA

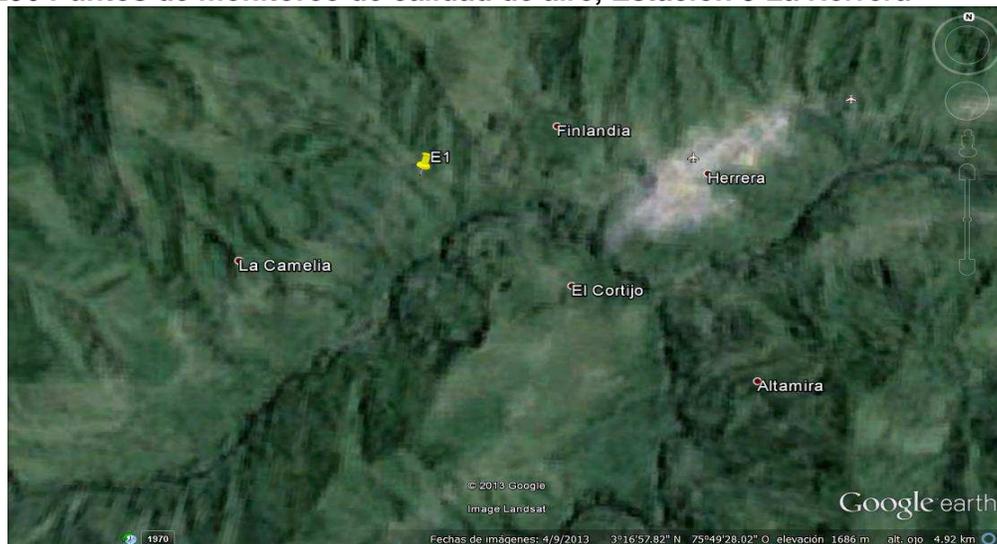
En la Foto 295 Puntos de monitoreo de calidad de aire, Estaciones 1,2,3 y 4 se presenta la distribución espacial de las estaciones de calidad del aire, y en la Tabla 232 se presenta en resumen la georreferenciación de las estaciones de calidad del aire instaladas, las coordenadas se reportan en Magna Sirgas origen Bogotá.

### Foto 295 Puntos de monitoreo de calidad de aire, Estaciones 1,2,3 y 4



Fuentes: Google Earth-CIMA

### Foto 296 Puntos de monitoreo de calidad de aire, Estación 5 La Herrera



Fuentes: Google Earth-CIMA

**Tabla 232 Ubicación de estaciones de calidad del aire**

Estación No.	Nombre.	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas	
		m.N.	m.E.	m.N.	m.E.
1	Varas Mesón	2°44'57.6"	75°35'01.0"	795562.736	1166514.269
2	El diamante	3°06'43.9"	75°39'40.8"	835689.115	1157818.159
3	La Ortiga (BLANCO)	3°14'34.6"	75°43'38.8"	850141.684	1150448.101

Estación No.	Nombre.	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas	
4	Candelaria - Tiple Abajo.	3°21'18.90"	76°26'28.6"	862483.026	1071087.312
5	La Herrera - Rio Blanco	3°17'11.60"	75°49'39.40"	855266.915	1138921.584

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

- **Resultados de calidad del aire**

Para la determinación de la calidad del aire para el proyecto "línea de transmisión tesalia-alférez 230 kv y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 - 2009", no sólo se tuvo en cuenta los resultados obtenidos de las muestras y análisis realizado, sino que también se evaluaron las fuentes de emisiones de contaminantes presentes y las condiciones meteorológicas de las zonas, las cuales influyen en la dispersión y transporte de los contaminantes en el aire.

#### **Fuentes de emisión de contaminantes en el área de estudio**

A continuación se presentan las fuentes de emisión de contaminantes identificadas en las zonas de influencia de cada una de las estaciones instaladas para la medición de la calidad del aire.

#### **Estación 1**

En el área de estudio (Foto 297) no se visualizaron fuentes de emisión de carácter industrial. Por tanto se considera que las muestras colectadas corresponden a la dinámica natural del ecosistema, incluyendo aquí, una casa de familia, una vía destapada con bajo flujo vehicular, actividades propias de agricultura y ganadería a pequeña escala (minifundio)

#### **Foto 297 Estación 1, Panorámica de la zona muestreada**

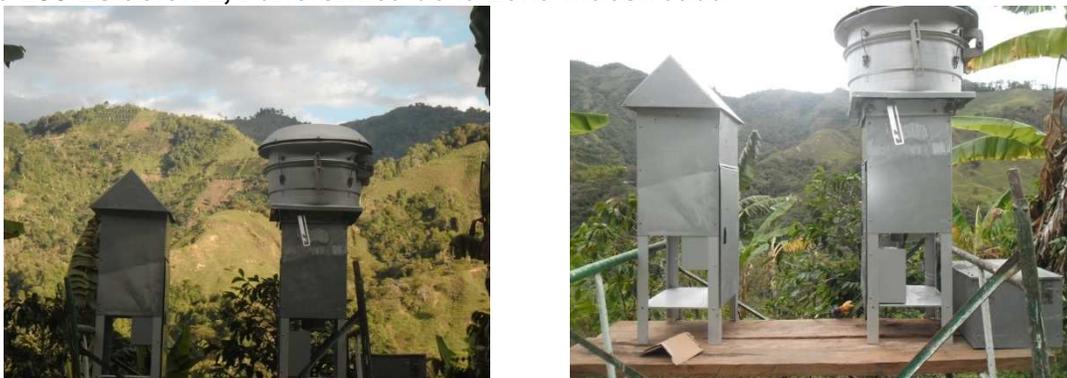


Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

### **Estación 2**

En el área de estudio (Foto 298) no se visualizaron fuentes de emisión de carácter industrial. Por tanto se considera que las muestras colectadas corresponden a la dinámica natural del ecosistema, incluyendo aquí, una casa de familia, una vía destapada con bajo flujo vehicular, actividades propias de agricultura y ganadería a pequeña escala (minifundio).

#### **Foto 298 Estación 2, Panorámica de la zona muestreada**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

### **Estación 3**

En el área de estudio (Foto 299) no se visualizaron fuentes de emisión de carácter industrial. Por tanto se considera que las muestras colectadas corresponden a la dinámica natural del ecosistema, incluyendo aquí, una casa de familia, una vía destapada con bajo flujo vehicular, actividades propias de agricultura y ganadería a pequeña escala (minifundio).

#### **Foto 299 Estación 3, Panorámica de la zona muestreada**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

#### **Estación 4**

El muestreo se realizó en una zona de explotación agroindustrial, monocultivo de caña, en el ejercicio de esta actividad se usa maquinaria, y se tienen zonas descapotadas y/o en proceso de descapote, esto incrementa significativamente las concentraciones de material particulado y gases en la atmosfera.

Durante el monitoreo se observó la quema de grandes extensiones de cultivo de caña en las horas de la noche, práctica que influye en los resultados obtenidos. Finalmente la estación esta cerca a la ciudad de Santiago de Cali, lo que agregaría un factor secundario sobre los parámetros evaluados

#### **Foto 300 Estación 4, Panorámica de la zona muestreada**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

#### **Estación 5, La Herrera**

En el área de estudio no se visualizaron fuentes de emisión de carácter industrial. Por tanto se considera que las muestras colectadas corresponden a la dinámica natural del ecosistema, incluyendo aquí, una casa de familia, una vía destapada con bajo flujo vehicular, actividades propias de agricultura y ganadería a pequeña escala (minifundio), la figura Foto 301 muestra una perspectiva más clara de la zona muestreada.

**Foto 301 Estación 5, Panorámica de la zona muestreada**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

### Información meteorológica

Para el análisis climático de las áreas de influencia indirecta y directa de las zonas estudiadas, se utilizó información meteorológica suministrada por el IDEAM de las estaciones meteorológicas CENICANA, APTO BENITO SALAS Y FINCA LOS ROSALES, la cual se presenta a continuación en la Tabla 233.

**Tabla 233 Estación meteorológica utilizadas para caracterizar el área de estudio.**

Estación	Código	Elevación (m.s.n.m.)
<b>APTO BENITO SALAS</b>	21115020	439
<b>FINCA LOS ROSALES</b>	22015010	2040
<b>CENICANA</b>	26075080	1013

Fuente: IDEAM, 2012.

A continuación se presenta información de medias y totales mensuales de datos climáticos presentados en el año 2012, los resultados de los parámetros meteorológicos sirven para la caracterización climática del área de estudio.

**Estación 21115020 Apto Benito Salas**

**Tabla 234 Información meteorológica para el año 2012 en la estación 21115020, APTO BENITO SALAS**

MES	T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)	H (%)	PP (mm)	V (Km/h)	B (horas)
Enero	23	33.9	19.4	85	436.5	9.3	113
Febrero	23.1	33.8	19.6	83	126.5	10.8	144.7
Marzo	22.8	34	19.2	82	230.8	10	69.3
Abril	22.7	32.9	19.9	86	214.9	8.4	85.5
Mayo	23.6	34.1	19.7	83	24.1	8.7	151.5
Junio	24.2	33.2	19.4	80	29.5	9.9	187.5
Julio	23.6	32.1	19.3	78	17.2	8.1	211
Agosto	24.1	33.2	19.2	80	20.5	9.2	205
Septiembre	24.5	32.2	19.5	79	3.4	8.2	180.3
Octubre	24	32.4	19.6	85	278.6	9	133.2
Noviembre	23.1	32.4	19.5	84	217.9	7.4	105.3
Diciembre	22.6	32.5	19.4	86	211.6	8.5	136
<i>Medias y totales anual</i>	23.4	33.1	19.5	82.6	1811.5	9.0	143.5

T: Temperatura media (°C)  
 TM: Temperatura máxima (°C)  
 Tm: Temperatura mínima (°C)  
 H: Humedad relativa media (%)  
 PP: Precipitación total de lluvia y/o nieve derretida (mm.)  
 VM: Velocidad máxima sostenida del viento (Km/h)

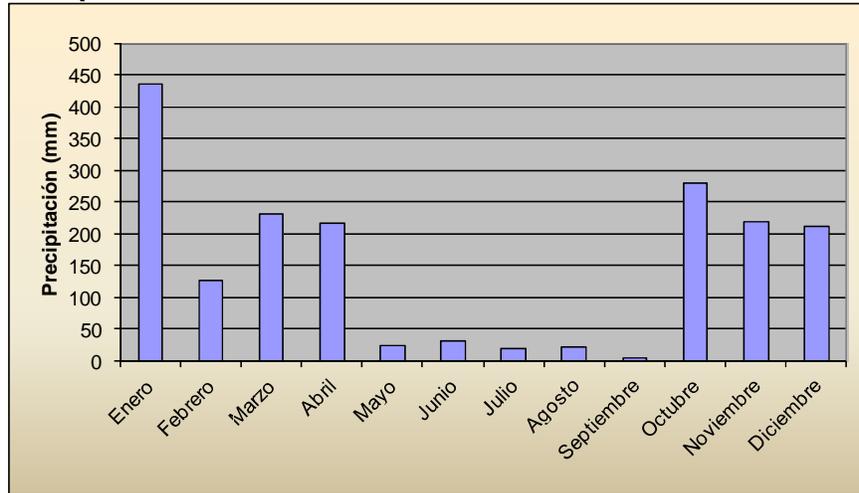
Fuente: IDEAM

**Precipitación**

El análisis de la precipitación realizado tuvo como objetivo la caracterización del régimen de lluvias en el área y determinar la distribución espacial y variación a lo largo del año, para cuantificar la disponibilidad del recurso hídrico en los sitios de interés.

En la Figura 280 se ilustra la distribución temporal de precipitación media mensual para la estación meteorológica utilizada para la caracterización climática, de acuerdo a los datos de la Tabla 234.

**Figura 280 Precipitación media mensual**



Fuente: CIMA-datos primarios IDEAM

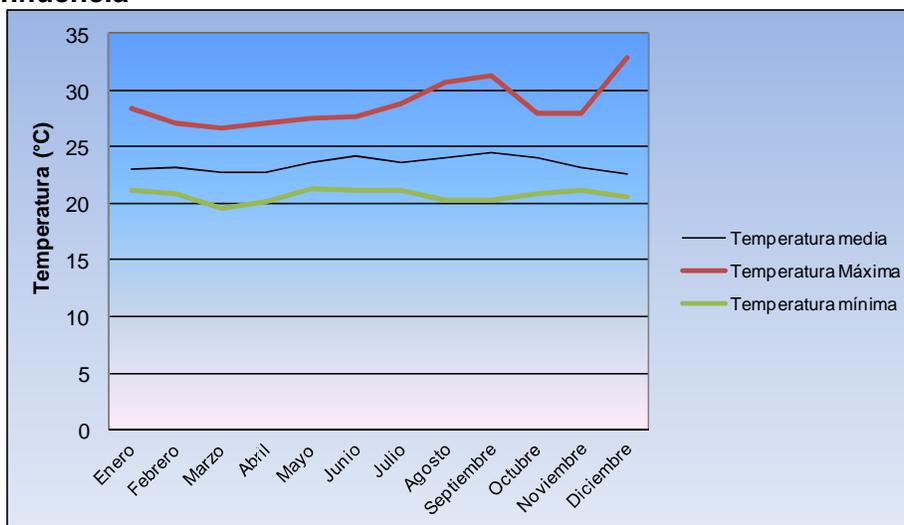
El régimen de precipitación en la zona del proyecto presenta una sola época de verano y de lluvias a lo largo del año, de acuerdo a los resultados presentados en la Figura 280, La época de verano se presenta entre los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, mientras que las de lluvias se presentan en los meses restantes.

### Temperatura

De acuerdo con la observación de los valores se puede establecer que la variación de la temperatura media durante el año no es significativa.

La temperatura media anual en la zona es de 23.44 °C, con valores medios mensuales que oscilan entre un mínimo de 22.7 °C en el mes de diciembre y un máximo de 24.5 °C en el mes de septiembre, ver Figura 281.

**Figura 281 Distribución temporal de la temperatura media mensual multianual en el Área de influencia**

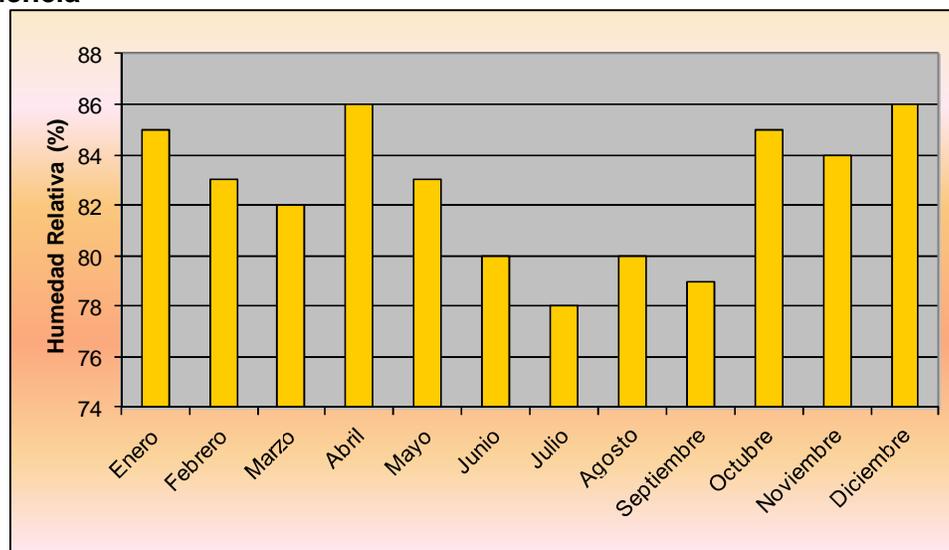


Fuente: CIMA-datos primarios IDEAM

### Humedad relativa

La humedad relativa expresada en porcentaje de vapor presente en comparación con la saturación en condiciones de presión y temperatura, evidencia para la zona de interés, un valor medio anual de 82.6%. En los periodos secos los registros de humedad relativa son bajos, explicándose por la influencia de masas de aire con bajo contenido de humedad y con un desplazamiento superficial rápido con tendencia a incrementar la evapotranspiración, ver Figura 282.

**Figura 282 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en el Área de influencia**



Fuente: CIMA-datos primarios IDEAM

**Estación 22015010 Finca Los Rosales**

**Tabla 235 Información meteorológica para el año 2012**

MES	Tm (°C)	T (°C)	TM (°C)	H (%)	PP (mm)	V (Km/h)
Enero	15.4	20.9	23.4	87	54.7	9.3
Febrero	15.6	20.7	23	87	90.1	10.8
Marzo	15.9	22	23.6	91	115.3	10
Abril	15.9	22.6	23.2	92	223.5	8.4
Mayo	16	22.4	23.2	92	148	8.7
Junio	16.2	21.9	22.4	88	85	9.9
Julio	15.8	21.2	29.6	87	53	8.1
Agosto	15.7	20.2	22.8	86	74.8	9.2
Septiembre	15.8	19.8	22.4	88	126.4	8.2
Octubre	16	20.7	22.6	87	153.4	9
Noviembre	16	20.3	22	90	217.8	7.4
Diciembre	15.9	20.7	26.8	87	78.2	8.5
Medias y totales anual	15.9	21.1	23.8	88.5	1400.2	9.0

T: Temperatura media (°C)  
 TM: Temperatura máxima (°C)  
 Tm: Temperatura mínima (°C)  
 H: Humedad relativa media (%)  
 PP: Precipitación total de lluvia y/o nieve derretida (mm.)  
 VM: Velocidad máxima sostenida del viento (Km/h)

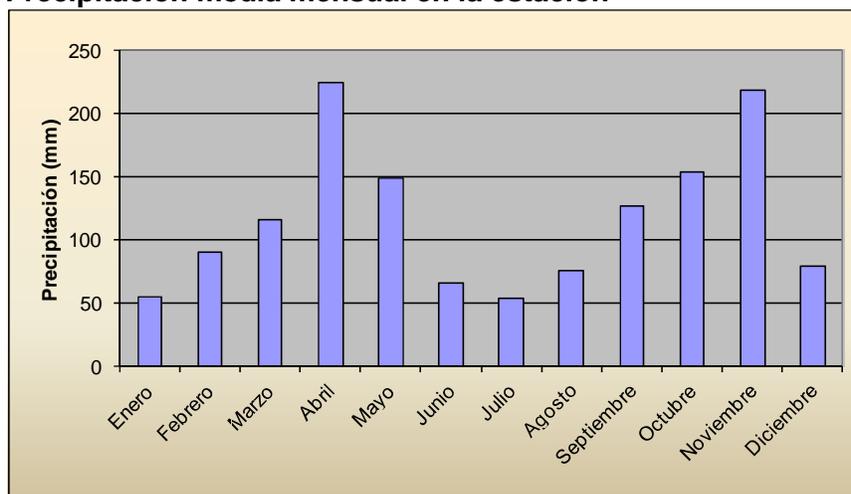
Fuente: IDEAM

### Precipitación

El análisis de la precipitación realizado tuvo como objetivo la caracterización del régimen de lluvias en el área y determinar la distribución espacial y variación a lo largo del año, para cuantificar la disponibilidad del recurso hídrico en los sitios de interés.

A continuación se ilustra en la Figura 283 la distribución temporal de precipitación media mensual para la estación meteorológica utilizada para la caracterización climática, de acuerdo a los datos de la Tabla 235.

**Figura 283 Precipitación media mensual en la estación**



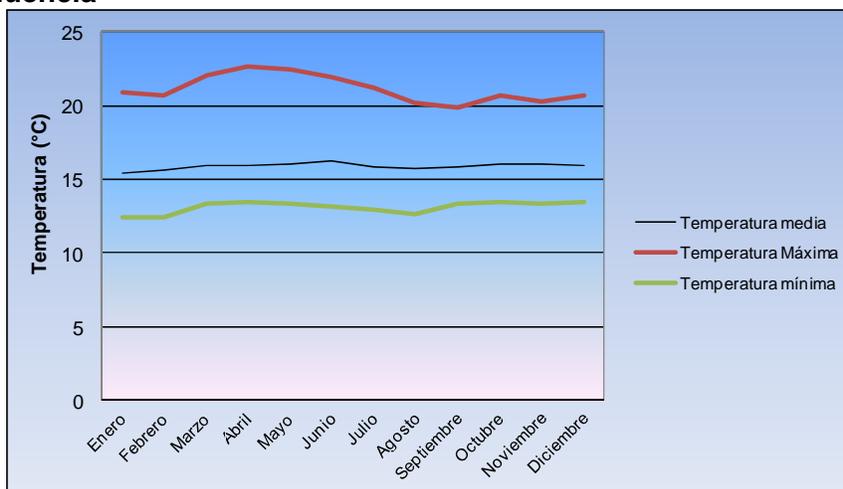
Fuente: CIMA-datos primarios IDEAM

El régimen de precipitación en la zona del proyecto presenta una sola época de verano y de lluvias a lo largo del año, de acuerdo a los resultados presentados en la Figura 283, La época de verano se presenta entre los meses de junio, julio, agosto mientras que las de lluvias se presentan en los meses restantes.

### Temperatura

De acuerdo con la observación de los valores se puede establecer que la variación de la temperatura media durante el año no es significativa. La temperatura media anual en la zona es de 15.85 °C, con valores medios mensuales que oscilan entre un mínimo de 12.4 °C en el mes de diciembre y un máximo de 22.6 °C en el mes de abril, ver Figura 284.

**Figura 284 Distribución temporal de la temperatura media mensual multianual en el Área de Influencia**

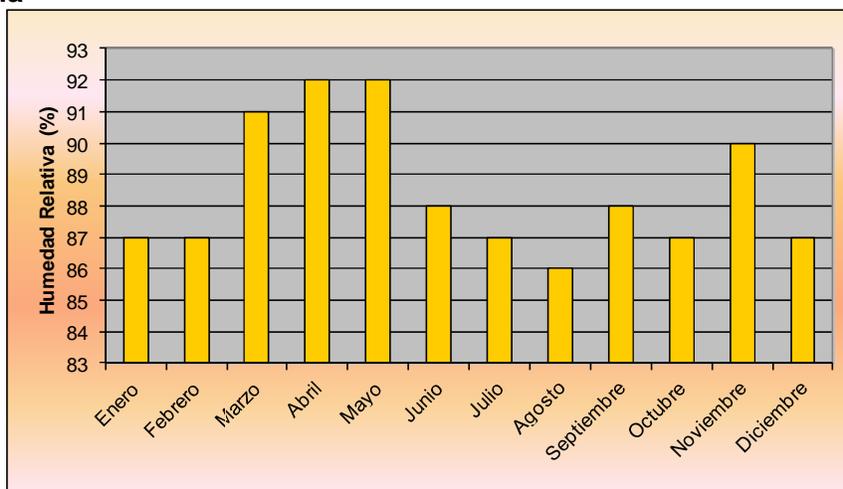


Fuente: CIMA-datos primarios IDEAM

Humedad relativa

La humedad relativa expresada en porcentaje de vapor presente en comparación con la saturación en condiciones de presión y temperatura, evidencia para la zona de interés, un valor medio anual de 88.5%. En los periodos secos los registros de humedad relativa son bajos, explicándose por la influencia de masas de aire con bajo contenido de humedad y con un desplazamiento superficial rápido con tendencia a incrementar la evapotranspiración, ver Figura 285.

**Figura 285 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en el Área de influencia**



Fuente: CIMA-datos primarios IDEAM

**Estación 26075080 CENICANA**

**Tabla 236 Información meteorológica para el año 2012**

MES	T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)	H (%)	PP (mm)	V (Km/h)	B (horas)
Enero	22.2	27.7	18.4	0	147.5	9.3	214.8
Febrero	22.7	28.3	18.7	76.870968	24.7	10.8	171.2
Marzo	22.7	28.1	18.6	80.419355	223.2	10	168.3
Abril	22.9	28	18.6	80	94.3 3	8.4	149.8
Mayo	22.8	27.8	19	82.538462	124.6	8.7	131.7
Junio	22.9	28.4	18.5	80.404762	37.8	9.9	145.1
Julio	23.6	28.9	18.6	80.928571	2.8	8.1	167.2
Agosto	23.8	29.7	18.3	65	9.7	9.2	203.8
Septiembre	22.8	28	18.4	74	18.8	8.2	176.2
Octubre	23.5	29	18.8	67.957491	87.8	9	190.6
Noviembre	22.8	27.9	18.6	65.395161	85.7 1	7.4	145.2
Diciembre	22.5	27.8	18.5	70.5	12.6	8.5	180.3
<i>Medias y totales anual</i>	22.9	28.3	18.6	68.7	689.5	9.0	170.4

T: Temperatura media (°C)  
 TM: Temperatura máxima (°C)  
 Tm: Temperatura mínima (°C)  
 H: Humedad relativa media (%)  
 PP: Precipitación total de lluvia y/o nieve derretida (mm.)  
 VM: Velocidad máxima sostenida del viento (Km/h)

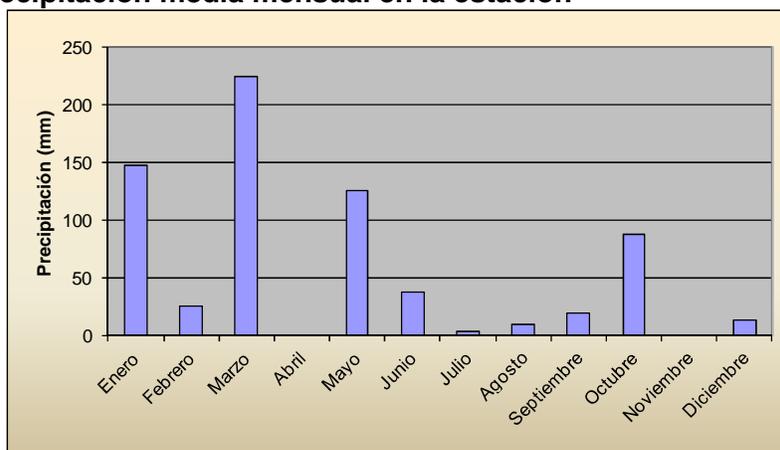
Fuente: IDEAM

Precipitación

El análisis de la precipitación realizado tuvo como objetivo la caracterización del régimen de lluvias en el área y determinar la distribución espacial y variación a lo largo del año, para cuantificar la disponibilidad del recurso hídrico en los sitios de interés.

A continuación se ilustra en la Tabla 235 la distribución temporal de precipitación media mensual para la estación meteorológica utilizada para la caracterización climática, de acuerdo a los datos de la Tabla 236.

**Figura 286 Precipitación media mensual en la estación**



Fuente: CIMA-datos primarios IDEAM

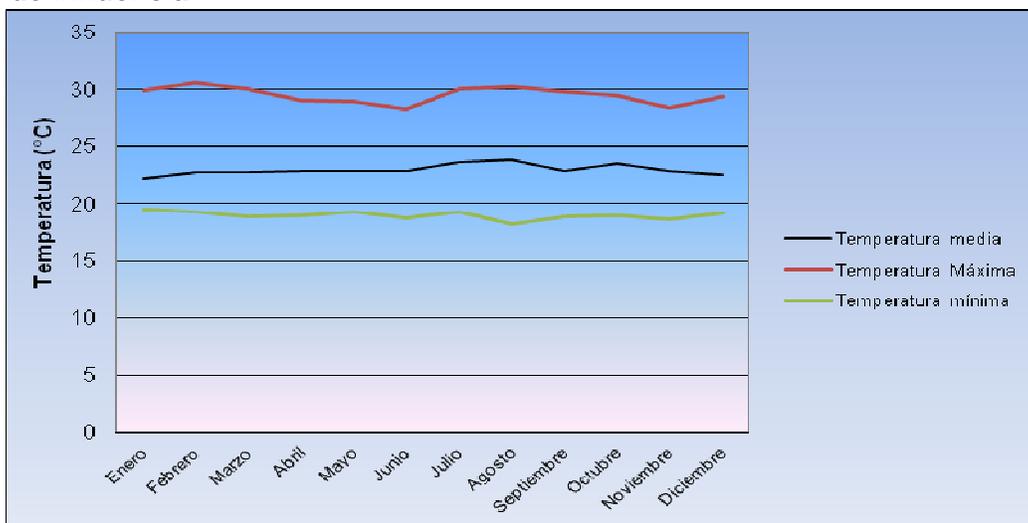
El régimen de precipitación en la zona del proyecto presenta una sola época de verano y de lluvias a lo largo del año, de acuerdo a los resultados presentados en la Figura 286. La época de verano se presenta entre los meses de junio, julio, agosto, septiembre y diciembre mientras que las de lluvias se presentan en los meses restantes.

### Temperatura

De acuerdo con la observación de los valores se puede establecer que la variación de la temperatura media durante el año no es significativa.

La temperatura media anual en la zona es de 28.9 °C, con valores medios mensuales que oscilan entre un mínimo de 17.04 °C y un máximo de 30.78 °C, ver Figura 287.

**Figura 287 Distribución temporal de la temperatura media mensual multianual en el Área de Influencia**

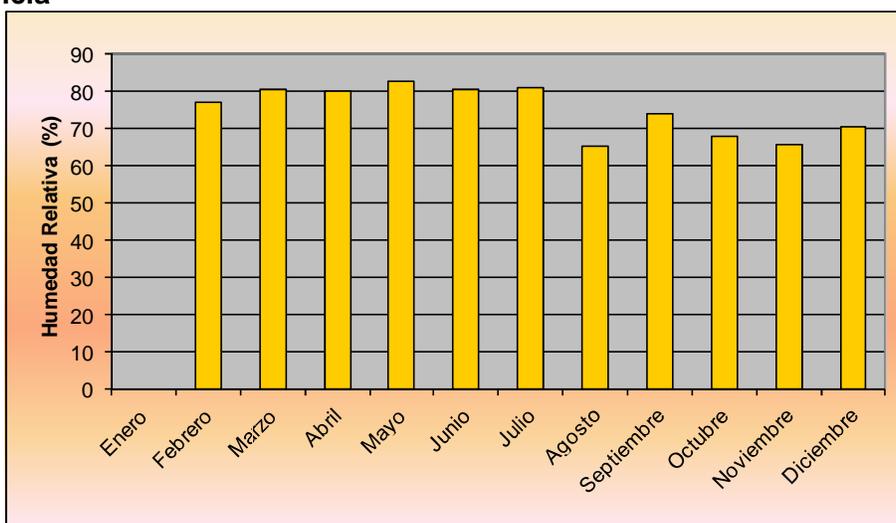


Fuente: CIMA-datos primarios IDEAM

Humedad relativa

La humedad relativa expresada en porcentaje de vapor presente en comparación con la saturación en condiciones de presión y temperatura, evidencia para la zona de interés, un valor medio anual de 74.9%. En los periodos secos los registros de humedad relativa son bajos, ver Figura 288, explicándose por la influencia de masas de aire con bajo contenido de humedad y con un desplazamiento superficial rápido con tendencia a incrementar la evapotranspiración.

**Figura 288 Distribución temporal de la humedad relativa media mensual en el área de influencia**



Fuente: CIMA-datos primarios IDEAM

## **Datos, cálculos y resultados de las contracciones de PST, PM-10, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y CO.**

A continuación se presentan los datos, cálculos y resultados de cada una de las cinco (5) estaciones en donde se determinó la concentración de PST, PM-10, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, y CO.

Monitoreos realizados entre el 26 de julio y 13 de agosto de 2013 para las estaciones de Varas, El Diamante, La Ortiga y El Tiple abajo. Para La Estación El Edén- Herrera Riblaco se llevo a cabo un monitoreo en el periodo comprendido entre el 04 y 22 de diciembre de 2013.

Los valores obtenidos se comparan con las normas de calidad del aire establecidas en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

### ***Partículas Suspendidas Totales, PST***

La media geométrica de PST, resultado del monitoreo realizado entre el 26 de julio y 13 de agosto de 2013 en la Estación uno (1), ubicada en la vereda Varas Mesón Fue de 6.8 µg/Nm<sup>3</sup> con valor máximo de 9.7 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 27 de julio de 2013 y un mínimo de 4.6 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 11 de agosto de 2013, (ver Tabla 237). La representatividad del monitoreo en esta estación fue del 100%.

La media geométrica de PST obtenido durante los mismos días en la Estación dos (2) ubicada en la vereda El Diamante fue de 30.9 µg/Nm<sup>3</sup> con valor máximo de 103.1 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 28 de julio de 2013 y un mínimo de 2.6 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 4 de agosto de 2013, (ver Tabla 238). En esta estación se obtuvo una representatividad del 100%.

La media geométrica de PST en la Estación tres, (BLANCO) ubicada en la vereda La Ortiga fue de 6.9 µg/Nm<sup>3</sup>, con valor máximo de 16.3 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 29 de julio y un mínimo de 1.3 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 30 de julio, (ver Tabla 239). La representatividad del monitoreo en la estación fue del 100 %.

La media geométrica de PST en la Estación cuatro (4), ubicada en Candelaria fue de 73.7 µg/Nm<sup>3</sup>, con valor máximo de 136.6 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 30 de julio y un mínimo de 31.0 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 11 de agosto, (ver Tabla 240). La representatividad del monitoreo en la estación fue del 100 %.

La media geométrica de PST, resultado del monitoreo realizado entre el 04 y 22 de diciembre de 2013 en la Estación cinco (5), ubicada en la Herrera -Rio Blanco Fue de 6.3 µg/Nm<sup>3</sup> con valor máximo de 43.7 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 18 de diciembre de 2013 y un mínimo de 3.5 µg/Nm<sup>3</sup> reportado el 20 de diciembre de 2013, ver Tabla 241. La representatividad del monitoreo en esta estación fue del 100%.

**Tabla 237 Resultados Monitoreo Partículas Suspendidas Totales, julio y agosto de 2013, Estación 1**

No. Muestra Lab.	No. FILTRO	DATOS									CÁLCULOS				RESULTADO
		FECHAS, dd-mm-aa		LECTURA HOROMETRO		T, Inicio	T, Fin	T, prom	FLUJO EFECTIVO	PESO, g	Qs/d	TIEMPO	VOLUMEN (s/d)	MASA MP	PST
		INICIO	FIN	INICIO	FIN	°C	°C	°C	pie <sup>3</sup> /min		m <sup>3</sup> /min	min	m <sup>3</sup>	µg	µg/m <sup>3</sup>
<b>ESTACION 1.</b>															
10203	1491	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	728.07	752.12	25.8	26.8	26.3	36.0	0.0184	1.343	1413	1997.9	18400	9.7
10264	1492	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	752.12	775.35	26.8	27.2	27.0	38.0	0.0136	1.389	1394	1936.1	13600	7.0
10265	1493	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	775.35	798.51	27.2	29.5	28.4	40.0	0.0113	1.434	1389	1991.5	11300	5.7
10266	1494	28 de julio de 2013	30 de julio de 2013	798.51	821.67	29.5	23.5	26.5	38.0	0.0095	1.380	1390	1931.3	9500	4.9
10267	1495	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	821.67	844.81	23.5	24.0	23.8	36.0	0.0108	1.347	1389	1870.1	10800	5.8
10268	1496	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	844.81	868.00	24.0	25.8	24.9	38.0	0.0114	1.382	1391	1936.3	11400	5.9
10269	1497	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	868.00	891.20	25.8	24.6	25.2	38.0	0.0110	1.382	1392	1937.1	11000	5.7
10270	1498	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	891.20	914.43	24.6	26.3	25.5	38.0	0.0094	1.381	1394	1939.1	9400	4.8
10271	1499	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	914.43	937.68	26.3	26.4	26.4	38.0	0.0146	1.390	1395	1938.9	14600	7.5
10272	1500	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	937.68	960.04	26.4	25.4	25.0	38.0	0.0106	1.381	1306	1940.7	10600	5.5
10273	1501	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	960.04	984.09	25.4	22.2	23.8	30.0	0.0153	1.347	1390	1871.3	15300	8.2
10274	1502	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	984.09	1007.27	22.2	22.2	22.2	36.0	0.0180	1.349	1391	1876.1	18000	9.6
10275	1503	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	1007.27	1030.51	22.2	23.2	22.7	36.0	0.0123	1.348	1394	1880.0	12300	6.5
10276	1504	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	1030.51	1053.76	23.2	23.4	23.3	38.0	0.0167	1.384	1395	1945.3	16700	8.6
10277	1505	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	1053.76	1077.04	23.4	22.9	23.2	36.0	0.0145	1.348	1397	1882.4	14500	7.7
10278	1506	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	1077.04	1100.36	22.9	25.4	24.2	38.0	0.0090	1.383	1398	1949.3	9000	4.6
10279	1507	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	1100.36	1123.75	25.4	26.8	26.1	36.0	0.0088	1.343	1403	1885.4	8800	4.7
10280	1508	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	1123.75	1146.87	26.8	24.6	25.7	38.0	0.0091	1.381	1387	1929.4	9100	4.7

<b>Media</b>	<b>6.3</b>
<b>Máximo</b>	<b>9.7</b>
<b>Mínimo</b>	<b>4.6</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 238 Resultados del Monitoreo de Partículas Suspendidas Totales, julio y agosto de 2013, Estación 2**

		DATOS									CÁLCULOS				RESULTADO
No. Muestra Lab.	No. FILTRO	FECHAS, dd-mm-aa		LECTURA HORÓMETRO		T. Inicio	T. Fin	T. prom	FLUJO EFECTIVO	Pt. SO, g	Q std	TIEMPO	VOLUMEN (std)	MASA MP	PST
		INICIO	FIN	INICIO	FIN	°C	°C	°C	pie <sup>3</sup> /min		m <sup>3</sup> /min	min	m <sup>3</sup>	µg	µg/m <sup>3</sup>
<b>ESTACIÓN 2</b>															
10335	1509	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	7555.48	7579.99	26.3	27.0	26.7	40.0	0.1334	1.436	1471	2112.1	133400	63.2
10336	1510	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	7579.99	7604.33	27.0	24.6	25.8	42.0	0.2236	1.434	1460	2167.9	223600	103.1
10337	1511	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	7604.33	7627.69	24.6	25.2	24.9	30.0	0.1292	1.392	1402	1951.1	129200	66.2
10338	1512	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	7627.69	7651.08	25.2	28.0	26.6	38.0	0.1363	1.390	1403	1950.1	136300	69.9
10339	1513	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	7651.08	7674.49	28.0	22.4	25.2	38.0	0.1907	1.392	1405	1954.6	190700	97.6
10340	1514	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	7674.49	7699.48	22.4	26.4	24.4	42.0	0.2065	1.437	1499	2229.2	206500	92.6
10341	1515	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	7699.48	7722.61	26.4	24.6	25.5	38.0	0.1734	1.391	1388	1930.3	173400	89.8
10342	1516	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	7722.61	7745.76	24.6	20.7	22.7	40.0	0.0536	1.443	1399	2004.2	53600	26.7
10343	1517	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	7745.76	7768.81	20.7	28.4	24.6	36.0	0.0048	1.346	1363	1801.0	4800	2.6
10344	1518	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	7768.81	7792.41	28.4	22.6	25.5	38.0	0.0168	1.344	1416	1903.2	16800	8.8
10345	1519	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	7792.41	7815.70	22.6	25.2	23.9	38.0	0.1229	1.394	1397	1947.3	122900	63.1
10346	1520	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	7815.70	7838.90	25.2	25.4	25.3	38.0	0.0630	1.391	1392	1935.7	63000	35.1
10347	1521	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	7838.90	7862.26	25.4	24.2	24.8	38.0	0.0634	1.392	1402	1951.7	63400	32.5
10348	1522	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	7862.26	7885.30	24.2	19.7	22.0	34.0	0.0239	1.302	1392	1900.1	23900	13.3
10349	1523	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	7885.30	7908.90	19.7	18.8	19.3	38.0	0.0367	1.401	1416	1963.1	36700	18.5
10350	1524	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	7908.90	7932.05	18.8	22.6	20.7	40.0	0.0310	1.446	1389	2008.3	31000	15.4
10351	1525	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	7932.05	7955.11	22.6	24.50	23.6	38.0	0.0200	1.347	1384	1863.8	20000	10.7
10352	1526	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	7955.11	7978.22	24.5	20.80	22.7	36.0	0.0286	1.348	1387	1869.8	28600	15.3

<b>Media</b>	<b>30.9</b>
<b>Máximo</b>	<b>103.1</b>
<b>Mínimo</b>	<b>2.6</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 239 Resultados del Monitoreo de Partículas Suspendidas Totales, julio y agosto de 2013, Estación 3**

		DATOS									CÁLCULOS				RESULTADO
No. Muestra Lab	No. FILTRO	FECHAS, dd-mm-aa		LECTURA HORÓMETRO		T, Inicio	T, Fin	T, prom	FLUJO EFECTIVO	PESO, g	Qstd	TIEMPO	VOLUMEN (std)	MASA MP	PST
		INICIO	FIN	INICIO	FIN	°C	°C	°C	pie <sup>3</sup> /mh		m <sup>3</sup> /min	min	m <sup>3</sup>	µg	µg/m <sup>3</sup>
<b>ESTACION 3:</b>															
10407	1527	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	1503.13	1531.31	15.5	16.4	16.0	40.0	0.0095	1.453	1391	2021.1	9600	4.7
10408	1528	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	1503.13	1531.18	16.4	18.2	17.3	38.0	0.0159	1.404	1383	1941.1	15900	8.2
10409	1529	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	1503.13	1531.75	18.2	17.5	17.9	38.0	0.0325	1.403	1417	1988.2	32500	16.3
10410	1530	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	1503.13	1531.45	17.5	20.9	19.2	38.0	0.0025	1.401	1399	1959.5	2600	1.3
10411	1531	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	1503.13	1531.26	20.9	15.6	18.3	40.0	0.0212	1.450	1388	2011.7	21200	10.5
10412	1532	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	1503.13	1531.20	15.6	16.4	16.0	40.0	0.0213	1.453	1384	2011.6	21800	10.8
10413	1533	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	1503.13	1531.14	16.4	18.2	17.3	38.0	0.0158	1.404	1381	1938.0	15800	8.2
10414	1534	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	1503.13	1532.02	18.2	14.2	16.2	38.0	0.0099	1.405	1434	2014.7	9900	4.9
10415	1535	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	1503.13	1531.04	14.2	14.6	14.4	40.0	0.0299	1.456	1411	2054.0	29900	14.6
10416	1536	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	1503.13	1531.68	14.6	15.2	14.9	40.0	0.0204	1.455	1413	2056.1	20400	9.9
10417	1537	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	1503.13	1531.31	15.2	12.6	13.9	38.0	0.014	1.409	1391	1959.6	14000	7.1
10418	1538	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	1503.13	1531.26	12.6	18.8	15.7	40.0	0.0173	1.454	1388	2017.6	17300	8.6
10419	1539	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	1503.13	1531.57	18.8	16.0	17.4	38.0	0.0097	1.356	1407	1907.4	9700	5.1
10420	1540	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	1503.13	1531.19	16.0	12.4	14.2	40.0	0.0196	1.456	1383	2014.7	19600	9.7
10421	1541	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	1503.13	1532.05	12.4	13.2	12.8	40.0	0.0117	1.459	1435	2093.3	11700	5.6
10422	1542	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	1503.13	1531.36	13.2	17.6	15.4	38.0	0.0101	1.407	1394	1960.2	10100	5.2
10423	1543	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	1503.13	1531.19	17.6	18.40	17.0	40.0	0.0069	1.452	1384	2008.5	8000	3.4
10424	1544	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	1503.13	1531.32	16.4	15.20	15.8	38.0	0.0130	1.406	1391	1956.3	13000	6.6

<b>Media</b>	<b>6.9</b>
<b>Máximo</b>	<b>16.3</b>
<b>Mínimo</b>	<b>1.3</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 240 Resultados del Monitoreo de Partículas Suspendidas Totales, julio y agosto de 2013, Estación 4**

		DATOS									CÁLCULOS				RESULTADO
No. Muestra Lab.	No. FILTRO	FECHAS, dd-mm-aa		LECTURA HORÓMETRO		T <sub>i</sub> Inicio	T <sub>f</sub> Fin	T <sub>prom</sub>	FLUJO EFECTIVO	PESO, g	Q <sub>std</sub>	TIEMPO	VOLUMEN (std)	MASAMP	PST
		INICIO	FIN	INICIO	FIN	°C	°C	°C	pie <sup>3</sup> /min		m <sup>3</sup> /min	min	m <sup>3</sup>	µg	µg/m <sup>3</sup>
<b>ESTACION 4</b>															
10479	1545	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	101237	103555	224	228	226	38.0	0.1652	1.396	1391	1940.6	165200	85.1
10480	1546	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	103555	105860	228	242	235	38.0	0.1299	1.394	1383	1928.0	129900	67.4
10481	1547	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	105860	108222	242	252	247	36.0	0.1943	1.345	1417	1906.9	194300	101.9
10482	1548	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	108222	110703	252	264	258	42.0	0.3019	1.484	1489	2210.2	301900	136.6
10483	1549	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	110703	113016	264	265	265	36.0	0.1930	1.343	1388	1863.6	193000	103.6
10484	1550	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	113016	115323	265	267	266	38.0	0.1578	1.390	1384	1923.3	157800	82.0
10485	1551	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	115323	117624	267	274	271	38.0	0.2248	1.389	1381	1917.6	224800	117.2
10486	1552	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	117624	120014	274	284	279	34.0	0.1898	1.294	1434	1855.4	189800	102.3
10487	1553	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	120014	122365	284	301	293	36.0	0.1260	1.339	1411	1889.0	126000	66.7
10488	1554	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	122365	124855	301	304	303	40.0	0.2667	1.431	1494	2137.4	266700	124.8
10489	1555	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	124855	127173	304	308	306	36.0	0.1392	1.337	1391	1859.7	139200	74.9
10490	1556	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	127173	129486	308	302	305	36.0	0.1084	1.337	1388	1855.9	108400	58.4
10491	1557	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	129486	131830	302	304	303	38.0	0.1433	1.384	1407	1946.9	143300	73.6
10492	1558	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	131830	134136	304	304	304	36.0	0.1180	1.337	1383	1850.2	118000	63.8
10493	1559	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	134136	136528	304	290	297	34.0	0.0594	1.292	1435	1853.9	59400	32.0
10494	1560	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	136528	138850	290	293	292	38.0	0.0598	1.386	1394	1931.1	59800	31.0
10495	1561	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	138850	141156	293	282	288	38.0	0.1225	1.386	1384	1918.1	122500	63.9
10496	1562	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	141156	143466	282	286	284	38.0	0.0900	1.387	1386	1922.2	90000	46.8

<b>Media</b>	<b>73.7</b>
<b>Máximo</b>	<b>136.6</b>
<b>Mínimo</b>	<b>31.0</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 241 Resultados Monitoreo Partículas Suspendidas Totales, Diciembre de 2013**

DATOS									CÁLCULOS				RESULTADO
No. Muestra Lab.	No. FILTRO	FECHAS, dd-mmm-aa		LECTURA HORÓMETRO		T, prom	FLUJO EFECTIVO pie <sup>3</sup> /min	PESO, g	Qstd	TIEMPO	VOLUMEN (std)	MASA MP	PST
		INICIO	FIN	INICIO	FIN	°C			m <sup>3</sup> /min	min	m <sup>3</sup>	µg	µg/m <sup>3</sup>
<b>ESTACION 1. LA HERRERA-RIO BLANCO</b>													
289	3817	4 de diciembre de 2013	5 de diciembre de 2013	4057.32	4080.72	25.1	38.0	0.0086	1.314	1404	1844.6	8600	4.7
290	3818	5 de diciembre de 2013	6 de diciembre de 2013	4080.72	4103.84	23.6	36.0	0.0093	1.258	1387	1744.6	9300	5.3
291	3819	6 de diciembre de 2013	7 de diciembre de 2013	4103.84	4126.99	22.6	36.0	0.0087	1.259	1389	1749.4	8700	5.0
292	3820	7 de diciembre de 2013	8 de diciembre de 2013	4126.99	4150.13	22.8	36.0	0.0084	1.259	1388	1748.2	8400	4.8
293	3821	8 de diciembre de 2013	9 de diciembre de 2013	4150.13	4173.58	23.2	38.0	0.0087	1.317	1407	1853.7	8700	4.7
294	3822	9 de diciembre de 2013	10 de diciembre de 2013	4173.58	4197.23	23.7	40.0	0.0083	1.375	1419	1951.8	8300	4.3
295	3823	10 de diciembre de 2013	11 de diciembre de 2013	4197.23	4221.18	26.6	36.0	0.0095	1.252	1437	1799.7	9500	5.3
296	3824	11 de diciembre de 2013	12 de diciembre de 2013	4221.18	4244.58	27.6	36.0	0.0237	1.251	1404	1755.9	23700	13.5
297	3825	12 de diciembre de 2013	13 de diciembre de 2013	4244.58	4268.52	24.2	36.0	0.0082	1.257	1436	1805.1	8200	4.5
298	3826	13 de diciembre de 2013	14 de diciembre de 2013	4268.52	4292.16	22.3	38.0	0.0106	1.319	1418	1871.0	10600	5.7
299	3827	14 de diciembre de 2013	15 de diciembre de 2013	4292.16	4315.61	21.0	38.0	0.0069	1.322	1407	1859.6	6900	3.7
300	3828	15 de diciembre de 2013	16 de diciembre de 2013	4315.61	4339.29	19.9	38.0	0.0165	1.324	1421	1880.7	16500	8.8
301	3829	16 de diciembre de 2013	17 de diciembre de 2013	4339.29	4362.61	19.7	38.0	0.0144	1.324	1399	1852.8	14400	7.8
302	3830	17 de diciembre de 2013	18 de diciembre de 2013	4362.61	4385.84	19.2	38.0	0.0807	1.325	1394	1847.0	80700	43.7
303	3831	18 de diciembre de 2013	19 de diciembre de 2013	4385.84	4408.98	18.8	36.0	0.0124	1.266	1388	1758.2	12400	7.1
304	3832	19 de diciembre de 2013	20 de diciembre de 2013	4408.98	4432.08	18.7	36.0	0.0062	1.267	1386	1755.4	6200	3.5
305	3833	20 de diciembre de 2013	21 de diciembre de 2013	4432.08	4456.23	18.3	38.0	0.0116	1.327	1449	1922.5	11600	6.0
306	3834	21 de diciembre de 2013	22 de diciembre de 2013	4456.23	4479.77	18.3	38.0	0.0133	1.327	1412	1874.1	13300	7.1

<b>Media</b>	<b>6.3</b>
<b>Máximo</b>	<b>43.7</b>
<b>Mínimo</b>	<b>3.5</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente

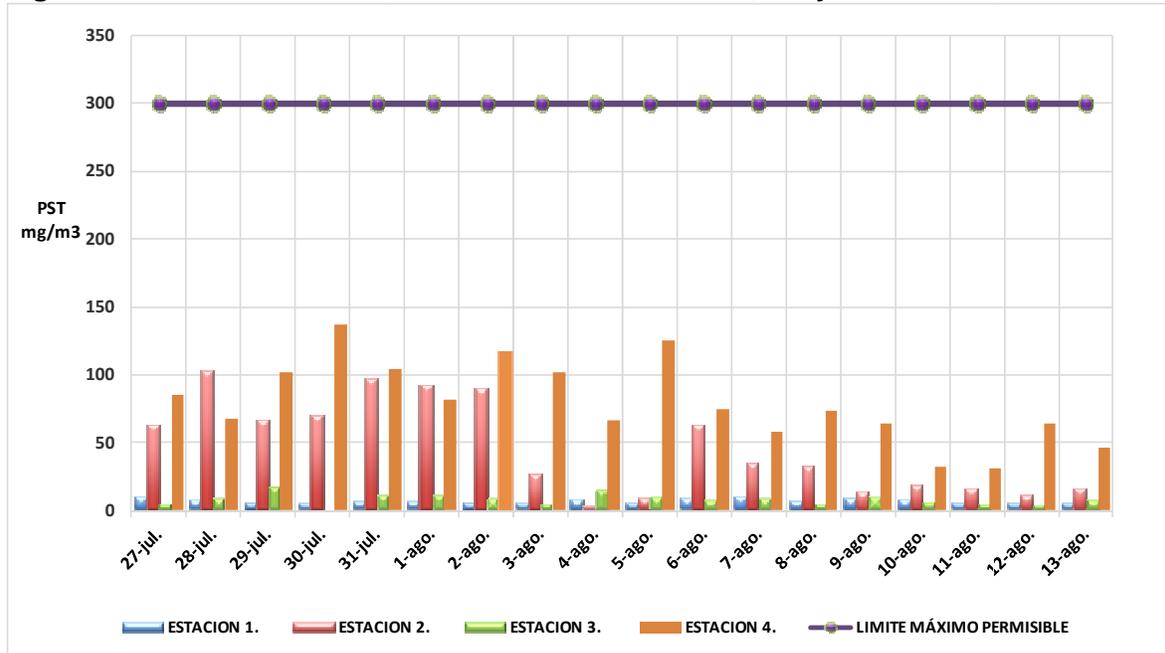
En la Figura 289 se observan los resultados diarios que se obtuvieron en cada una de las estaciones de monitoreo y su comparación con la norma diaria, como interpretación de la grafica se pude ver que en ninguna estación se supero el limite diario, por el contrario se estuvo muy por debajo en la mayoría de los casos. Como se esperaba las estaciones con menores concentraciones fueron la 1 y la 3, ya que estas quedaron ubicadas en zonas topográficamente elevadas, lejos de fuentes de emisión, con buena cobertura vegetal y humedad; por otra parte las estaciones con mayor concentración de material particulado TSP fueron la 2 y la 4, siendo esta ultima donde se dio la mayor concentración, es claro que la causa de esto fue la incidencia de actividades agroindustriales -monocultivos de caña- para la estación 4 y para la estación 2 la cercanía de una vía destapada.

Haciendo un análisis del comportamiento de las concentraciones diaria por estación tenemos que la estación 1 presento concentraciones bajas según se esperaba y sin grandes fluctuaciones, lo que es acorde con las homogéneas condiciones de muestreo que se presentaron durante la jornada de estudio.

La estación 2 presento concentraciones claramente más altas que la uno y su comportamiento fue un poco mas fluctuante, en términos generales las concentraciones iniciaron más altas que la media entre el 28 de julio y el 6 de agosto, a partir de este ultimo día las concentraciones descendieron, este comportamiento fue uniforme para todas las estaciones, y se le pueden atribuir eventos leves de lluvia.

La estación tres presento concentraciones bajas durante toda la jornada, sin grandes fluctuaciones, esto se ajusta a lo esperado en este punto de muestreo. La estación cuatro presento las concentraciones más altas y fluctuantes de todo el estudio, esto se dio por la influencia directa de las actividades agroindustriales de la zona, las concentraciones dependían de la mencionada variable, dentro de la cuan estaba inmersa la quema de lotes de caña que no pudo ser registrada en fotografías por ser una práctica nocturna y lejana a la estación, la misma fue identificada por la precipitación de cenizas arrastradas por el viento.

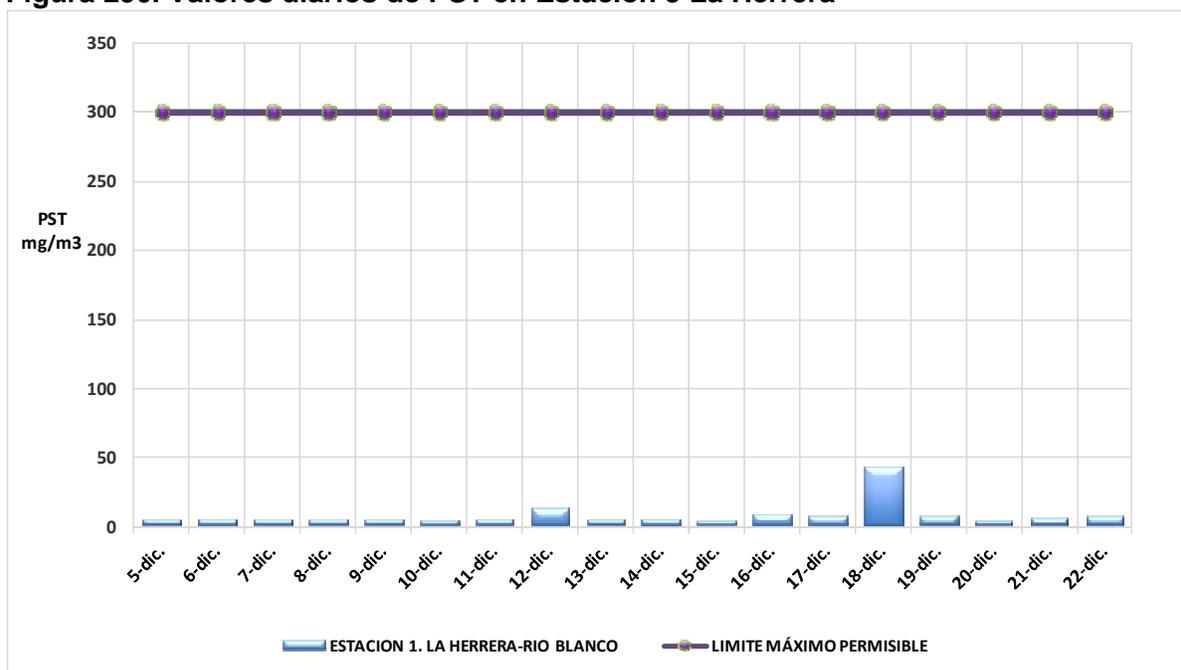
**Figura 289 Valores diarios de PST en las estaciones 1, 2 3 y 4**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la Figura 290 se observan los resultados diarios que se obtuvieron durante el monitoreo en la Estación 5 Herrera y su comparación con la norma diaria, como interpretación de la figura se puede ver que la estación no superó el límite diario, por el contrario estuvo muy por debajo en la mayoría de los casos. Como se observa la mayor concentración se dio el día 18 de diciembre de 2013 con 43.7  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , valor que se encuentra por debajo de la norma.

**Figura 290. Valores diarios de PST en Estación 5 La Herrera**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la Figura 290 se ilustran los valores medios obtenidos para cada una de las estaciones ubicadas en cada uno de los puntos de monitoreo y su comparación con la normatividad para tiempos de exposición anuales.

De acuerdo con los resultados anteriores se puede observar que en la Estación 1 ubicada llamada Varas Mesón., no se superó el límite normativo diario de 300  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , ya que el valor máximo reportado fue de 9.7  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , tampoco supera el límite normativo anual de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo fue de 6.3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

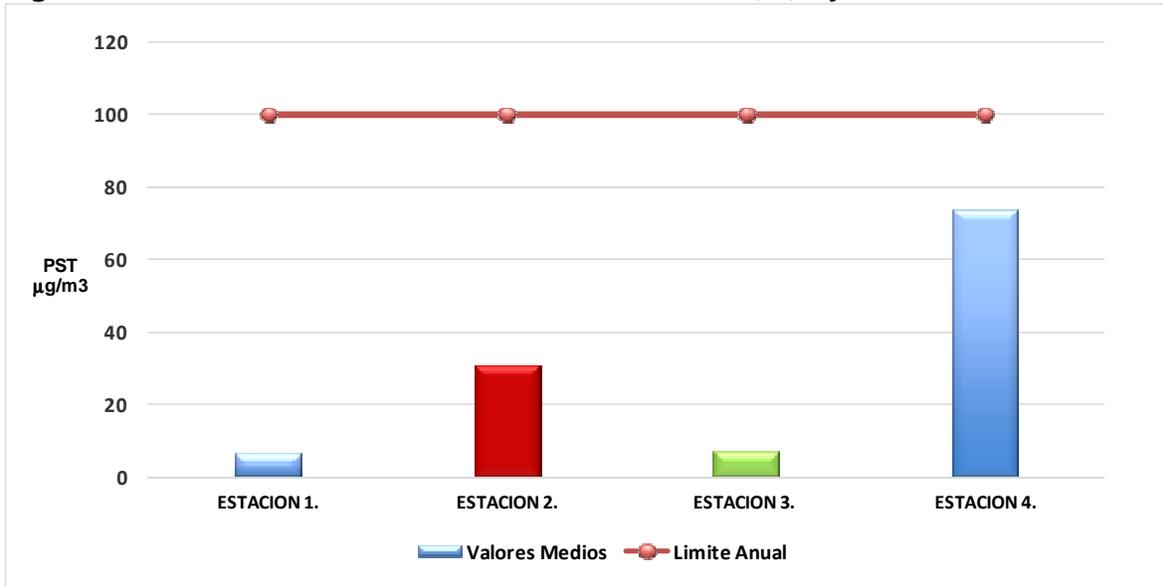
En la Estación 2 llamada El diamante no se superó el límite normativo diario de 300  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , ya que el valor máximo reportado fue de 103.1  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , tampoco supera el límite normativo anual de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo fue de 30.9  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

En la Estación 3 que servirá de blanco se llamo La Ortiga no se superó el límite normativo diario de 300  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , ya que el valor máximo reportado fue de 16.3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , no supera el límite normativo anual de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo fue de 6.9  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

En la Estación 4 llamada Candelaria no se superó el límite normativo diario de 300  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , ya que el valor máximo reportado fue de 136.6  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , no supera el límite normativo anual de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo fue de 73.7  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

La mayor concentración de Partículas Suspensas Totales se obtuvo en la Estación 4 llamada candelaria, con una concentración media de 73.7  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , aunque esta fue la estación con mayor concentración, se encuentra por debajo.

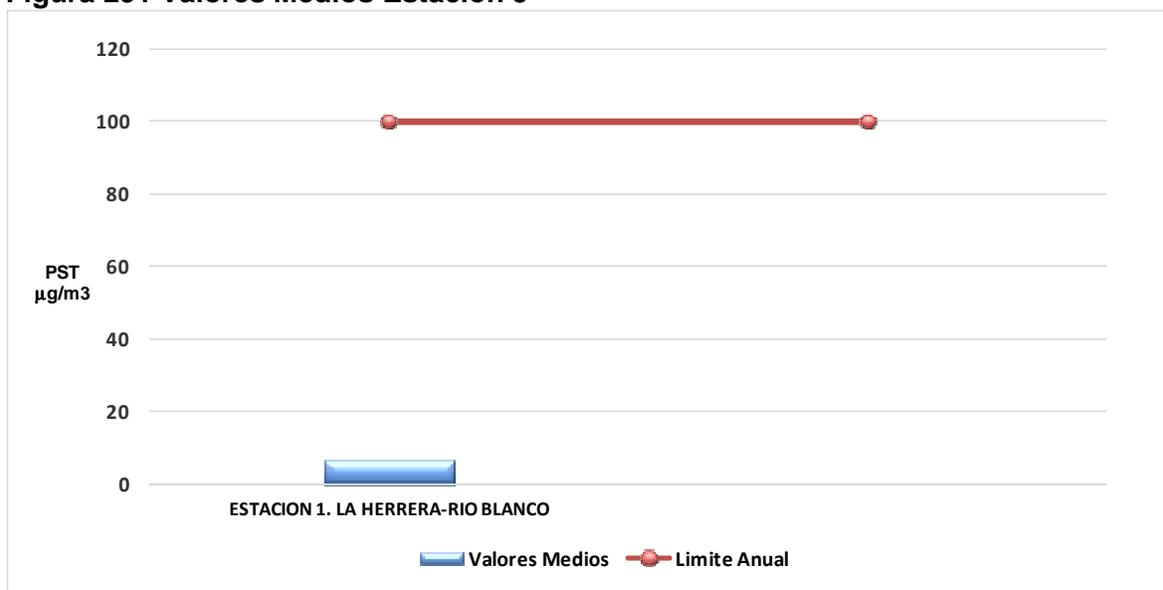
**Figura 290 Valores medios de PST de las estaciones 1, 2, 3 y 4**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

De acuerdo con los resultados se puede observar que en la Estación 5, no se superó el límite normativo diario de 300  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , ya que el valor máximo reportado fue de 43.7  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , tampoco supera el límite normativo anual de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo fue de 6.3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Ver Figura 13

**Figura 291 Valores Medios Estación 5**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

### **Material Particulado PM-10**

La media aritmética de PM-10, resultado del monitoreo realizado entre los días 26 de julio y 13 de agosto del 2013, en la Estación uno (1), ubicada en la vereda Varas Mesón fue de 6.2  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  con valor máximo de 10.3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el día 7 de agosto de 2013 y un mínimo de 3.6  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el día 13 de agosto de 2013, (ver Tabla 242).

La media aritmética de PM-10 obtenida durante los mismos días en la Estación dos (2) llamada Diamante fue de 18.5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  con valor máximo de 35.1  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el día 31 de julio de 2013 y un mínimo de <0.5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el 12 de agosto de 2013, (ver Tabla 243)

La media aritmética de PM-10 en la Estación tres (BLANCO) llamada la Ortiga fue de 8.0  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  con valor máximo de 11.5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el día 31 de julio y un mínimo de 1.5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el 28 de julio del 2013, (ver Tabla 244). La representatividad del monitoreo en las tres estaciones fue del 100%.

La media aritmética de PM-10 en la Estación cuatro (4) llamada la Candelaria fue de 44.4  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  con valor máximo de 79.4  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el día 30 de julio y un mínimo de 9.2  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el 12 de agosto del 2013, (ver Tabla 245). La representatividad del monitoreo en las tres estaciones fue del 100%.

La media aritmética de PM-10, resultado del monitoreo realizado entre los días 04 y 22 de diciembre de 2013, en la Estación cinco (5), ubicada en La Herrera- Rio Blanco fue de 4.1  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  con valor máximo de 6.1  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el día 19 de diciembre de 2013 y un mínimo de 2.7  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  reportado el día 10 de diciembre de 2013, ver Tabla 246.

**Tabla 242 Resultados del monitoreo de PM-10, junio y agosto de 2013, Estación 1**

Lectura	No. Muestra Lab.	No. FILTRO	DATOS				CÁLCULOS				RESULTADO
			FECHAS, dd-mmm-aa		LECTURA HORÓMETRO		Peso Muestra	TIEMPO min	VOLUMEN (std) m3	MASA MP $\mu$ g	PM-10 $\mu$ g/m3
			INICIO	FIN	INICIO	FIN					
1	10281	1563	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	3994.35	4018.44	0.0132	1445	1550.445	13200	8.5
2	10282	1564	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	4018.44	4042.21	0.0102	1426	1525.836	10200	6.7
3	10283	1565	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	4042.21	4065.91	0.0063	1422	1515.430	6300	4.2
4	10284	1566	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	4065.91	4089.61	0.0063	1422	1521.607	6300	4.1
5	10285	1567	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	4089.61	4113.29	0.0078	1421	1530.893	7800	5.1
6	10286	1568	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	4113.29	4137.02	0.0097	1423	1531.621	9700	6.3
7	10287	1569	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	4137.02	4160.76	0.0077	1424	1525.663	7700	5.0
8	10288	1570	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	4160.76	4184.53	0.0070	1426	1531.212	7000	4.6
9	10289	1571	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	4184.53	4208.32	0.0118	1427	1525.627	11800	7.7
10	10290	1572	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	4208.32	4232.12	0.0080	1428	1530.487	8000	5.2
11	10291	1573	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	4232.12	4255.81	0.0109	1422	1525.960	10900	7.1
12	10292	1574	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	4255.81	4280.53	0.0164	1483	1598.088	16400	10.3
13	10293	1575	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	4280.53	4304.31	0.0102	1427	1533.867	10200	6.6
14	10294	1576	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	4304.31	4328.10	0.0131	1427	1524.439	13100	8.6
15	10295	1577	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	4328.10	4351.92	0.0109	1429	1536.326	10900	7.1
16	10296	1578	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	4351.92	4375.78	0.0096	1432	1533.498	9600	6.3
17	10297	1579	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	4375.78	4399.71	0.0058	1436	1538.609	5800	3.8
18	10298	1580	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	4399.71	4423.37	0.0054	1420	1512.386	5400	3.6

<b>Promedio</b>	<b>6.2</b>
<b>Máximo</b>	<b>10.3</b>
<b>Mínimo</b>	<b>3.6</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 243 Resultados del monitoreo de PM-10, junio y agosto de 2013, Estación 2**

Lectura	No. Muestra Lab.	No. FLTRO	DATOS				CÁLCULOS			RESULTADO	
			FECHAS, dd-mmm-aa		LECTURA HORÓMETRO		Peso Muestra	TIEMPO min	VOLUMEN (std) m <sup>3</sup>	MASA MP µg	PM-10 µg/m <sup>3</sup>
			INICIO	FIN	INICIO	FIN					
1	10353	1581	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	4090.23	4114.74	0.0253	1471	1503.914	25300	16.8
2	10354	1582	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	4114.74	4139.08	0.0481	1460	1486.814	48100	32.4
3	10355	1583	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	4139.08	4162.44	0.0355	1402	1431.458	35500	24.8
4	10356	1584	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	4162.44	4185.83	0.0420	1403	1424.542	42000	29.5
5	10357	1585	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	4185.83	4209.24	0.0502	1405	1429.595	50200	35.1
6	10358	1586	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	4209.24	4234.23	0.0539	1499	1545.740	53900	34.9
7	10359	1587	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	4234.23	4257.36	0.0471	1388	1430.443	47100	32.9
8	10360	1588	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	4257.36	4280.51	0.0207	1389	1425.304	20700	14.5
9	10361	1589	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	4280.51	4303.56	0.0241	1383	1408.741	24100	17.1
10	10362	1590	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	4303.56	4327.16	0.0106	1416	1442.111	10600	7.4
11	10363	1591	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	4327.16	4350.45	0.0226	1397	1437.781	22600	15.7
12	10364	1592	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	4350.45	4373.65	0.0306	1392	1422.860	30600	21.5
13	10365	1593	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	4373.65	4397.01	0.0198	1402	1433.413	19800	13.8
14	10366	1594	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	4397.01	4420.05	0.0076	1382	1419.384	7600	5.4
15	10367	1595	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	4420.05	4443.65	0.0180	1416	1459.001	18000	12.3
16	10368	1596	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	4443.65	4466.80	0.0160	1389	1439.691	16000	11.1
17	10369	1597	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	4466.80	4489.86	<0.001	1384	1418.150	700	<0.5
18	10370	1598	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	4489.86	4512.97	0.0098	1387	1423.983	9800	6.9

<b>Promedio</b>	<b>18.5</b>
<b>Máximo</b>	<b>35.1</b>
<b>Mínimo</b>	<b>&lt;0.5</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 244 Resultados del monitoreo de PM-10, junio y agosto de 2013, Estación 3**

Lectura	No. Muestra Lab.	No. FILTRO	DATOS				Peso	CÁLCULOS			RESULTADO
			FECHAS, dd-mmm-aa		LECTURA HORÓMETRO			TIEMPO	VOLUMEN (std)	MASA MP	PM-10
			INICIO	FIN	INICIO	FIN		min	m <sup>3</sup>	µg	µg/m <sup>3</sup>
1	10425	1599	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	2280.03	2305.01	0.0095	1499	1423.086	9500	6.7
2	10426	1600	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	2305.01	2329.86	0.0021	1491	1419.018	2100	1.5
3	10427	1601	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	2329.86	2354.53	0.0092	1480	1393.168	9200	6.6
4	10428	1602	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	2354.53	2378.90	0.0133	1462	1385.022	13300	9.6
5	10429	1603	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	2378.90	2403.58	0.016	1481	1394.785	16000	11.5
6	10430	1604	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	2403.58	2428.34	0.0153	1486	1408.613	15300	10.9
7	10431	1605	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	2428.34	2452.89	0.0110	1473	1404.755	11000	7.8
8	10432	1606	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	2452.89	2477.83	0.0074	1497	1438.575	7400	5.1
9	10433	1607	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	2477.83	2502.39	0.0160	1474	1423.660	16000	11.2
10	10434	1608	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	2502.39	2526.99	0.0120	1476	1425.863	12000	8.4
11	10435	1609	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	2526.99	2551.22	0.0123	1454	1408.027	12300	8.7
12	10436	1610	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	2551.22	2576.07	0.0138	1491	1439.806	13800	9.6
13	10437	1611	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	2576.07	2600.57	0.0114	1470	1404.357	11400	8.1
14	10438	1612	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	2600.57	2625.36	0.0135	1487	1433.788	13500	9.4
15	10439	1613	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	2625.36	2650.32	0.0142	1498	1457.769	14200	9.7
16	10440	1614	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	2650.32	2674.97	0.0109	1479	1435.443	10900	7.6
17	10441	1615	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	2674.97	2699.78	0.0061	1489	1421.925	6100	4.3
18	10442	1616	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	2699.78	2724.02	0.0097	1454	1393.588	9700	7.0

<b>Promedio</b>	<b>8.0</b>
<b>Máximo</b>	<b>11.5</b>
<b>Mínimo</b>	<b>1.5</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 245 Resultados del monitoreo de PM-10, junio y agosto de 2013, Estación 4**

Lectura	No. Muestra Lab.	No. FLTRO	DATOS				CÁLCULOS			RESULTADO	
			FECHAS, dd-mmm-aa		LECTURA HORÓMETRO		Peso	TIEMPO min	VOLUMEN (std) m <sup>3</sup>	MASA MP µg	PM-10 µg/m <sup>3</sup>
			INICIO	FIN	INICIO	FIN					
1	10497	1617	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	49248.49	49271.67	0.0849	1391	1444.005	84900	58.8
2	10498	1618	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	49271.67	49294.72	0.0251	1383	1434.024	25100	17.5
3	10499	1619	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	49294.72	49318.34	0.0785	1417	1468.963	78500	53.4
4	10500	1620	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	49318.34	49343.15	0.1225	1489	1541.582	122500	79.5
5	10501	1621	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	49343.15	49366.28	0.0751	1388	1442.410	75100	52.1
6	10502	1622	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	49366.28	49389.35	0.0624	1384	1436.650	62400	43.4
7	10503	1623	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	49389.35	49412.36	0.0861	1381	1433.204	86100	60.1
8	10504	1624	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	49412.36	49436.26	0.0803	1434	1482.468	80300	54.2
9	10505	1625	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	49436.26	49459.77	0.0716	1411	1464.884	71600	48.9
10	10506	1626	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	49459.77	49484.67	0.1054	1494	1551.361	105400	67.9
11	10507	1627	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	49484.67	49507.85	0.0583	1391	1434.253	58300	40.6
12	10508	1628	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	49507.85	49530.98	0.0465	1388	1437.911	46500	32.3
13	10509	1629	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	49530.98	49554.42	0.0742	1407	1455.971	74200	51.0
14	10510	1630	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	49554.42	49577.48	0.0667	1383	1438.307	66700	46.4
15	10511	1631	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	49577.48	49601.40	0.0378	1435	1488.847	37800	25.4
16	10512	1632	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	49601.40	49624.62	0.0395	1394	1437.124	39500	27.5
17	10513	1633	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	49624.62	49647.68	0.0131	1384	1428.963	13100	9.2
18	10514	1634	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	49647.68	49670.78	0.0445	1386	1427.180	44500	31.2

<b>Promedio</b>	<b>44.4</b>
<b>Máximo</b>	<b>79.5</b>
<b>Mínimo</b>	<b>9.2</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 246 Resultados Monitoreo PM-10, Diciembre de 2013, Estación 5**

Lectura	No. Muestra Lab.	No. FILTRO	DATOS				CÁLCULOS			RESULTADO	
			FECHAS, dd-mmm-aa		LECTURA HORÓMETRO		Peso Muestra	TIEMPO	VOLUMEN (std)	MASA MP	PM-10
			INICIO	FIN	INICIO	FIN		min	m3	µg	µg/m3
1	271	3799	4 de diciembre de 2013	5 de diciembre de 2013	5923.31	5946.71	0.0073	1404	1440.632	7300	5.0672
2	272	3800	5 de diciembre de 2013	6 de diciembre de 2013	5946.71	5969.83	0.0054	1387	1425.644	5400	3.7878
3	273	3801	6 de diciembre de 2013	7 de diciembre de 2013	5969.83	5992.98	0.0055	1389	1430.408	5500	3.8451
4	274	3802	7 de diciembre de 2013	8 de diciembre de 2013	5992.98	6016.12	0.0049	1388	1429.563	4900	3.4276
5	275	3803	8 de diciembre de 2013	9 de diciembre de 2013	6016.12	6039.57	0.0045	1407	1446.223	4500	3.1116
6	276	3804	9 de diciembre de 2013	10 de diciembre de 2013	6039.57	6063.22	0.0040	1419	1457.947	4000	2.7436
7	277	3805	10 de diciembre de 2013	11 de diciembre de 2013	6063.22	6087.17	0.0069	1437	1480.862	6900	4.6594
8	278	3806	11 de diciembre de 2013	12 de diciembre de 2013	6087.17	6110.57	0.0048	1404	1444.661	4800	3.3226
9	279	3807	12 de diciembre de 2013	13 de diciembre de 2013	6110.57	6134.51	0.0065	1436	1474.928	6500	4.4070
10	280	3808	13 de diciembre de 2013	14 de diciembre de 2013	6134.51	6158.15	0.0065	1418	1457.863	6500	4.4586
11	281	3809	14 de diciembre de 2013	15 de diciembre de 2013	6158.15	6181.60	0.0072	1407	1453.099	7200	4.9549
12	282	3810	15 de diciembre de 2013	16 de diciembre de 2013	6181.60	6205.28	0.0072	1421	1467.352	7200	4.9068
13	283	3811	16 de diciembre de 2013	17 de diciembre de 2013	6205.28	6228.60	0.0065	1399	1446.179	6500	4.4946
14	284	3812	17 de diciembre de 2013	18 de diciembre de 2013	6228.60	6251.83	0.0052	1394	1440.062	5200	3.6110
15	285	3813	18 de diciembre de 2013	19 de diciembre de 2013	6251.83	6274.97	0.0087	1388	1435.634	8700	6.0600
16	286	3814	19 de diciembre de 2013	20 de diciembre de 2013	6274.97	6298.07	0.0048	1386	1433.654	4800	3.3481
17	287	3815	20 de diciembre de 2013	21 de diciembre de 2013	6298.07	6322.22	0.0052	1449	1500.458	5200	3.4656
18	288	3816	21 de diciembre de 2013	22 de diciembre de 2013	6322.22	6345.76	0.0068	1412	1462.665	6800	4.6490
<b>Promedio</b>	<b>4.1289</b>										
<b>Máximo</b>	<b>6.0600</b>										
<b>Mínimo</b>	<b>2.7436</b>										

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la Figura 292 se observan los resultados diarios que se obtuvieron en cada una de las estaciones de monitoreo del parámetro PM -10, y su comparación con la norma diaria, como interpretación de la figura se puede ver que en ninguna estación se superó el límite diario, por el contrario se estuvo muy por debajo en la mayoría de los casos. Como se esperaba las estaciones con menores concentraciones fueron la 1 y la 3, ya que estas quedaron ubicadas en zonas topográficamente elevadas, lejos de fuentes de emisión, con buena cobertura vegetal y humedad; por otra parte las estaciones con mayor concentración de material particulado PM-10 fueron la 2 y la 4, siendo esta última donde se dio la mayor concentración, es claro que la causa de esto fue la incidencia de actividades agroindustriales -monocultivos de caña- para la estación 4 y para la estación 2 la cercanía de una vía destapada.

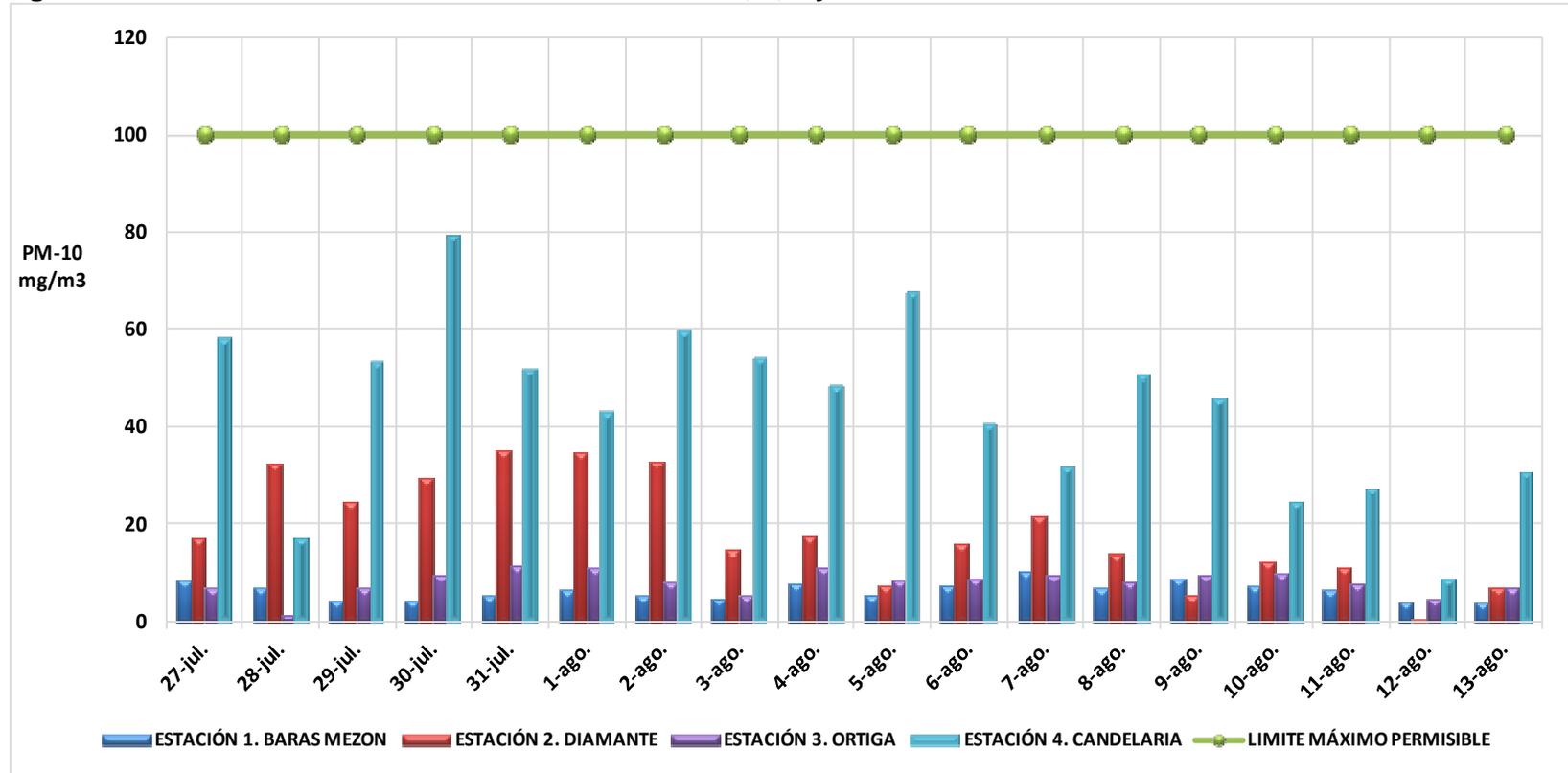
Haciendo un análisis del comportamiento de las concentraciones diarias por estación tenemos que la estación 1 presentó concentraciones bajas según se esperaba y sin grandes fluctuaciones, lo que es acorde con las homogéneas condiciones de muestreo que se presentaron durante la jornada de estudio.

La estación 2 presentó concentraciones claramente más altas que la 1 y su comportamiento fue un poco más fluctuante. En términos generales las concentraciones iniciaron más altas que la media entre el 28 de julio y el 6 de agosto, a partir de este último día las concentraciones descendieron, este comportamiento fue uniforme para todas las estaciones, y se le pueden atribuir eventos leves de lluvia.

La estación tres presentó concentraciones bajas durante toda la jornada, sin grandes fluctuaciones, esto se ajusta a lo esperado en este punto de muestreo. La estación cuatro presentó las concentraciones más altas y fluctuantes de todo el estudio, esto se dio por la influencia directa de las actividades agroindustriales de la zona, las concentraciones dependían de la mencionada variable, dentro de la cual estaba inmersa la quema de lotes de caña que no pudo ser registrada en fotografías por ser una práctica nocturna y lejana a la estación, la misma fue identificada por la precipitación de cenizas arrastradas por el viento.

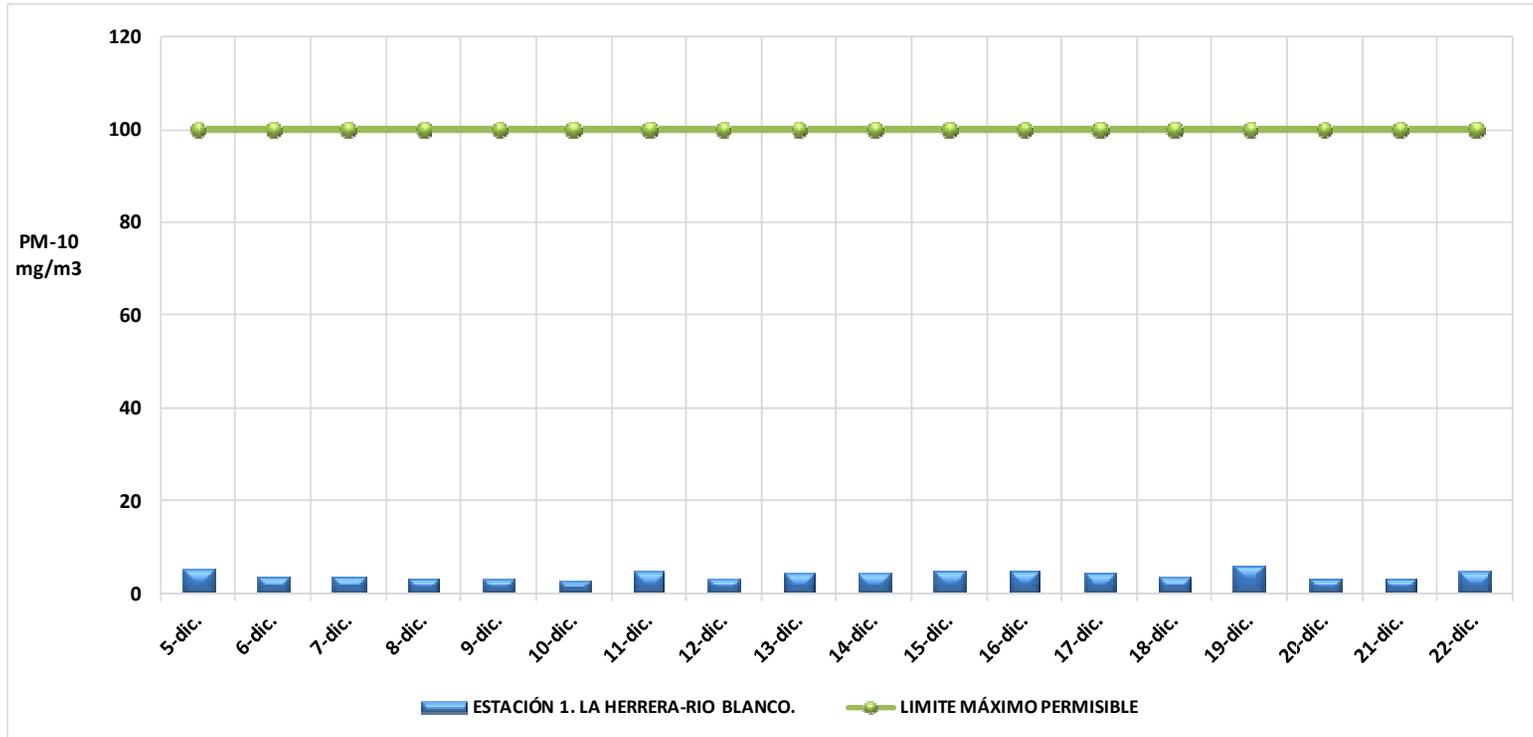
La estación cinco presentó concentraciones bajas según se esperaba y sin grandes fluctuaciones, lo que es acorde con las homogéneas condiciones de muestreo que se presentaron durante la jornada de estudio, como interpretación de la gráfica se puede ver que no se superó el límite diario, por el contrario se estuvo muy por debajo en la mayoría de los casos. Como se evidencia en la Figura 292

**Figura 292 Valores diarios de PM-10 en las estaciones 1, 2, 3 y 4**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

Figura 293 Valores diarios de PM-10 en Estación 5.



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

En la Figura 294 se ilustran los valores medios obtenidos para cada una de las estaciones ubicadas en cada uno de los puntos de monitoreo y su comparación con la normatividad para tiempos de exposición anuales.

De acuerdo con los resultados anteriores se puede observar que la Estación 1 no superó el límite normativo diario de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , Igualmente, no supera el límite normativo anual de 50  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo en esta estación fue de 6.2  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

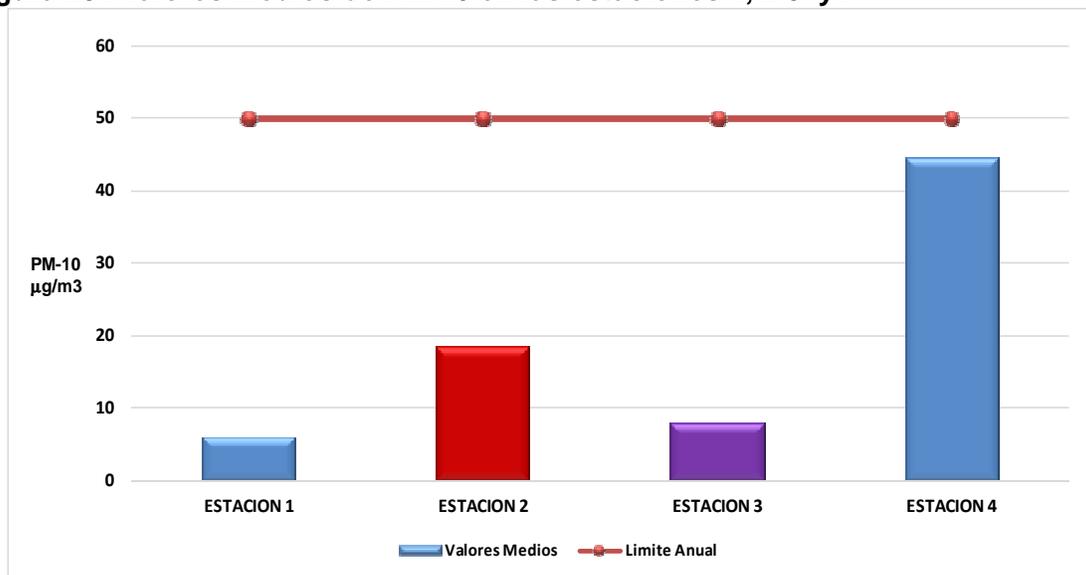
En la Estación 2 ubicada en la vereda el Diamante no superó el límite normativo diario de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , ninguno de los días de monitoreo. Igualmente no supera el límite normativo anual de 50  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo fue de 18.5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

La Estación 3 (BLANCO) ubicada en la vereda La Ortiga no superó el límite normativo diario de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , ninguno de los días de monitoreo. Igualmente no supera el límite normativo anual de 50  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo fue de 8.0  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

La Estación 4 llamada candelaria no superó el límite normativo diario de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , ninguno de los días de monitoreo. Igualmente no supera el límite normativo anual de 50  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo fue de 44.4  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

La mayor concentración de material particulado PM10 se obtuvo en la Estación 4 ubicada en Candelaria con una concentración media de 44.4  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Aunque fue la estación con mayor concentración se encuentra por debajo del límite normativo de 50  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

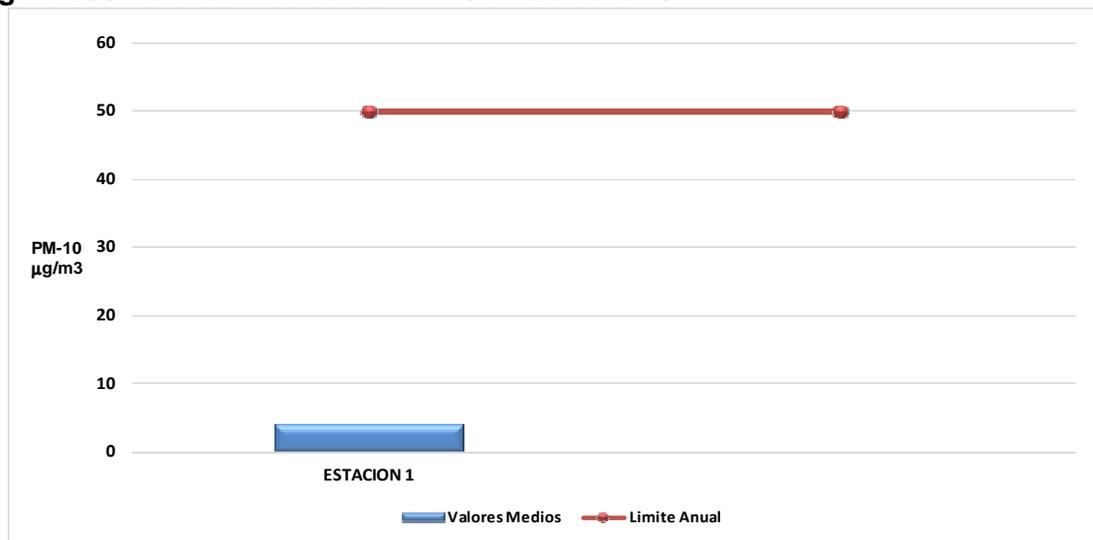
**Figura 294 valores medios de PM-10 en las estaciones 1, 2 3 y 4**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

De acuerdo con los resultados se puede observar que la Estación 5 no superó el límite normativo diario de  $100 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , Igualmente, no supera el límite normativo anual de  $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , debido a que la concentración media, resultante de los 18 días de monitoreo en esta estación fue de  $4.12 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Ver Figura 295

**Figura 295 Valores medios de PM-10 en Estación 5.**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

### **Óxidos de Nitrógeno y Azufre**

En la Tabla 247 a la Tabla 251 se observan los resultados obtenidos de concentración de óxidos de azufre y de nitrógeno en las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5.

En la estación uno ubicada en la vereda Varas mesón se observaron concentraciones promedio de óxidos de nitrógeno de  $<0.47 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . En el caso de los óxidos de azufre se observa una concentración promedio de  $<3.26 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . (ver )

En la estación dos ubicada en El Diamante, se observaron concentraciones promedio de óxidos de nitrógeno de  $<0.46 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . En el caso de los óxidos de azufre se observa una concentración promedio de menor a  $<3.16 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

En la estación tres ubicada en la vereda La Ortiga se obtuvieron concentraciones promedio de óxidos de nitrógeno de  $0.44 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . En el caso de los óxidos de azufre las concentraciones promedio fueron de  $<3.07 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

En la estación cuatro ubicada en Candelaria se obtuvieron concentraciones promedio de óxidos de nitrógeno de  $0.49 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . En el caso de los óxidos de azufre las concentraciones promedio fueron de  $<3.15 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

De acuerdo con los resultados anteriores se puede observar que en ninguna de las cuatro (4) estaciones se superó el límite normativo de  $80 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  ( $\text{SO}_2$ ) y  $100 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  ( $\text{NO}_2$ )

---

para tiempos de exposición anual, tampoco se superó en ninguno de los 18 días de monitoreo el límite normativo de 250  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  ( $\text{SO}_2$ ) y 150  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  ( $\text{NO}_2$ ) para tiempo de exposición diario.

En la estación cinco ubicada en la Herrera se observaron concentraciones promedio de óxidos de nitrógeno de 0.732  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . En el caso de los óxidos de azufre se observa una concentración promedio de <1.888  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

En la estación de monitoreo cinco no se superó el límite normativo de 80  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  ( $\text{SO}_2$ ) y 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  ( $\text{NO}_2$ ) para tiempos de exposición anual, tampoco se superó en ninguno de los 18 días de monitoreo el límite normativo de 250  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  ( $\text{SO}_2$ ) y 150  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  ( $\text{NO}_2$ ) para tiempo de exposición diario

**Tabla 247 Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno y azufre julio y agosto de 2013, Estación 1**

DATOS								CALCULOS			RESULTADOS		
Identificación Muestra		FECHAS, dd-mmm-aa		T, Inicio	T, Fin	T, prom	Caudal estandar (L/min)	MASA, µg		TIEMPO, min	VOLUMEN, CEPT m <sup>3</sup>	CONCENTRACIÓN, µg/m <sup>3</sup>	
Nox	Sox	INICIO	FIN	°C	°C	°C		NOx	SOx			NOx	SOx
<b>ESTACION 1. VARAS MESON.</b>													
10317	10299	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	26	27	26.3	0.150	<0.10	<0.70	1413.00	0.212	<0.47	<3.30
10318	10300	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	27	27	27.0	0.149	<0.10	<0.70	1393.98	0.208	<0.48	<3.37
10319	10301	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	27	30	28.4	0.148	<0.10	<0.70	1389.18	0.206	<0.49	<3.36
10320	10302	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	30	24	26.5	0.152	<0.10	<0.70	1389.78	0.212	<0.47	<3.26
10321	10303	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	24	24	23.8	0.157	<0.10	<0.70	1388.58	0.218	<0.46	<3.21
10322	10304	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	24	26	24.9	0.156	<0.10	<0.70	1390.98	0.217	<0.46	<3.23
10323	10305	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	26	25	25.2	0.155	<0.10	<0.70	1392.00	0.216	<0.46	<3.23
10324	10306	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	25	26	25.5	0.153	<0.10	<0.70	1393.80	0.214	<0.47	<3.27
10325	10307	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	26	26	26.4	0.153	<0.10	<0.70	1395.00	0.213	<0.47	<3.30
10326	10308	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	26	25	25.9	0.152	<0.10	<0.70	1395.60	0.213	<0.47	<3.27
10327	10309	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	25	22	23.8	0.154	<0.10	<0.70	1389.54	0.214	<0.47	<3.23
10328	10310	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	22	22	22.2	0.156	<0.10	<0.70	1390.74	0.217	<0.46	<3.20
10329	10311	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	22	23	22.7	0.154	<0.10	<0.70	1394.40	0.214	<0.47	<3.24
10330	10312	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	23	23	23.3	0.156	<0.10	<0.70	1395.00	0.217	<0.46	<3.22
10331	10313	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	23	23	23.2	0.158	<0.10	<0.70	1396.80	0.221	<0.45	<3.17
10332	10314	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	23	25	24.2	0.157	<0.10	<0.70	1399.20	0.219	<0.46	<3.22
10333	10315	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	25	27	26.1	0.153	<0.10	<0.70	1403.40	0.215	<0.47	<3.29
10334	10316	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	27	25	25.7	0.152	<0.10	<0.70	1387.20	0.211	<0.47	<3.31

	nox	sox
<b>max</b>	<b>&lt;0.49</b>	<b>&lt;3.37</b>
<b>min</b>	<b>&lt;0.45</b>	<b>&lt;3.17</b>
<b>Promedio</b>	<b>&lt;0.47</b>	<b>&lt;3.26</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 248 Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno y azufre julio y agosto de 2013, Estación 2**

DATOS								CALCULOS			RESULTADOS		
Identificación Muestra		FECHAS, dd-mmm-aa		T, Inicio	T, Fin	T, prom	Caudal estandar (L/min)	MASA, µg		TIEMPO, min	VOLUMEN, CEPT m <sup>3</sup>	CONCENTRACIÓN, µg/m <sup>3</sup>	
Nox	Sox	INICIO	FIN	°C	°C	°C		NOx	SOx			NOx	SOx
<b>ESTACION 2. DIAMANTE</b>													
10389	10371	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	26	27	26.7	0.150	<0.10	<0.70	1471	0.221	<0.45	<3.11
10390	10372	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	27	25	25.8	0.153	<0.10	<0.70	1460	0.223	<0.45	<3.09
10391	10373	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	25	25	24.9	0.153	<0.10	<0.70	1402	0.215	<0.47	<3.14
10392	10374	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	25	28	26.6	0.151	<0.10	<0.70	1403	0.211	<0.47	<3.18
10393	10375	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	28	22	25.2	0.152	<0.10	<0.70	1405	0.214	<0.47	<3.17
10394	10376	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	22	26	24.4	0.152	<0.10	<0.70	1499	0.227	<0.44	<2.96
10395	10377	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	26	25	25.5	0.150	<0.10	<0.70	1388	0.207	<0.48	<3.24
10396	10378	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	25	21	22.7	0.153	<0.10	<0.70	1389	0.213	<0.47	<3.16
10397	10379	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	21	28	24.6	0.149	<0.10	<0.70	1383	0.207	<0.48	<3.21
10398	10380	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	28	23	25.5	0.151	<0.10	<0.70	1416	0.214	<0.47	<3.15
10399	10381	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	23	25	23.9	0.157	<0.10	<0.70	1397	0.219	<0.46	<3.17
10400	10382	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	25	25	25.3	0.155	<0.10	<0.70	1392	0.216	<0.46	<3.24
10401	10383	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	25	24	24.8	0.154	<0.10	<0.70	1402	0.216	<0.46	<3.20
10402	10384	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	24	20	22.0	0.156	<0.10	<0.70	1382	0.216	<0.46	<3.18
10403	10385	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	20	19	19.3	0.160	<0.10	<0.70	1416	0.226	<0.44	<3.04
10404	10386	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	19	23	20.7	0.159	<0.10	<0.70	1389	0.221	<0.45	<3.14
10405	10387	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	23	25	23.6	0.155	<0.10	<0.70	1384	0.214	<0.47	<3.22
10406	10388	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	25	24	24.4	0.152	<0.10	<0.70	1387	0.211	<0.47	<3.22

	nox	sox
<b>max</b>	<b>&lt;0.48</b>	<b>&lt;3.24</b>
<b>min</b>	<b>&lt;0.44</b>	<b>&lt;2.96</b>
<b>Promedio</b>	<b>&lt;0.46</b>	<b>&lt;3.16</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 249 Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno y azufre julio y agosto de 2013, Estación 3**

DATOS								CALCULOS			RESULTADOS		
Identificación Muestra		FECHAS, dd-mmm-aa		T, Inicio	T, Fin	T, prom	Caudal estandar (L/min)	MASA, µg		TIEMPO, min	VOLUMEN, CEPT m <sup>3</sup>	CONCENTRACIÓN, µg/m <sup>3</sup>	
Nox	Sox	INICIO	FIN	°C	°C	°C		NOx	SOx			NOx	SOx
<b>ESTACION 3. LA ORTIGA</b>													
10461	10443	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	16	16	16.0	0.162	0.104	<0.70	1391	0.225	0.46	<3.07
10462	10444	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	16	18	17.3	0.161	0.1	<0.70	1383	0.222	<0.45	<3.09
10463	10445	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	18	18	17.9	0.161	<0.10	<0.70	1417	0.228	<0.44	<3.04
10464	10446	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	18	21	19.2	0.159	0.1	<0.70	1399	0.223	<0.45	<3.14
10465	10447	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	21	16	18.3	0.160	<0.10	<0.70	1388	0.223	<0.45	<3.18
10466	10448	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	16	16	16.0	0.164	0.1	<0.70	1384	0.227	<0.44	<3.15
10467	10449	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	16	18	17.3	0.163	0.1	<0.70	1381	0.225	<0.45	<3.16
10468	10450	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	18	14	16.2	0.163	0.1	<0.70	1434	0.234	<0.43	<3.00
10469	10451	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	14	15	14.4	0.165	<0.10	<0.70	1411	0.232	<0.43	<3.01
10470	10452	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	15	15	14.9	0.163	0.1	<0.70	1413	0.230	<0.43	<3.04
10471	10453	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	15	13	13.9	0.165	0.1	<0.70	1391	0.229	<0.44	<3.09
10472	10454	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	13	19	15.7	0.166	0.1	<0.70	1388	0.230	<0.44	<3.14
10473	10455	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	19	16	17.4	0.165	0.1	<0.70	1407	0.232	<0.43	<3.08
10474	10456	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	16	12	14.2	0.169	0.1	<0.70	1383	0.233	<0.43	<2.99
10475	10457	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	12	13	12.8	0.170	0.1	<0.70	1435	0.244	<0.41	<2.89
10476	10458	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	13	18	15.4	0.165	0.1	<0.70	1394	0.230	<0.44	<3.03
10477	10459	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	18	16	17.0	0.161	0.100	<0.70	1384	0.223	<0.45	<3.11
10478	10460	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	16	15	15.8	0.162	0.1	<0.70	1391	0.226	<0.44	<3.11

	nox	sox
<b>max</b>	<b>0.46</b>	<b>&lt;3.18</b>
<b>min</b>	<b>&lt;0.41</b>	<b>&lt;2.89</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.44</b>	<b>&lt;3.07</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 250 Resultados del monitoreo de óxidos de nitrógeno y azufre julio y agosto de 2013, Estación 4**

DATOS										CALCULOS		RESULTADOS	
Identificación Muestra		FECHAS, dd-mmm-aa		T, Inicio	T, Fin	T, prom	Caudal estándar (L/min)	MASA, µg		TIEMPO, min	VOLUMEN, CEPT m <sup>3</sup>	CONCENTRACIÓN, µg/m <sup>3</sup>	
Nox	Sox	INICIO	FN	°C	°C	°C		NOx	SOx			NOx	SOx
<b>ESTACIÓN 4. CANDELARIA.</b>													
10533	10515	26 de julio de 2013	27 de julio de 2013	22	23	22.6	0.163	<0.19	<0.70	1391	0.227	0.83	<3.06
10534	10516	27 de julio de 2013	28 de julio de 2013	23	24	23.5	0.162	<0.10	<0.70	1383	0.224	<0.45	<3.10
10535	10517	28 de julio de 2013	29 de julio de 2013	24	25	24.7	0.161	<0.10	<0.70	1417	0.229	<0.44	<3.04
10536	10518	29 de julio de 2013	30 de julio de 2013	25	26	25.8	0.161	<0.14	<0.70	1489	0.240	0.58	<2.91
10537	10519	30 de julio de 2013	31 de julio de 2013	26	27	26.5	0.160	<0.13	<0.70	1388	0.222	0.60	<3.14
10538	10520	31 de julio de 2013	1 de agosto de 2013	27	27	26.6	0.159	<0.12	<0.70	1384	0.221	0.54	<3.18
10539	10521	1 de agosto de 2013	2 de agosto de 2013	27	27	27.1	0.159	<0.10	<0.70	1381	0.219	<0.46	<3.23
10540	10522	2 de agosto de 2013	3 de agosto de 2013	27	28	27.9	0.158	<0.10	<0.70	1434	0.226	<0.44	<3.13
10541	10523	3 de agosto de 2013	4 de agosto de 2013	28	30	29.3	0.157	<0.10	<0.70	1411	0.222	<0.45	<3.20
10542	10524	4 de agosto de 2013	5 de agosto de 2013	30	30	30.3	0.156	<0.10	<0.70	1494	0.233	<0.43	<3.03
10543	10525	5 de agosto de 2013	6 de agosto de 2013	30	31	30.6	0.156	<0.10	<0.70	1391	0.217	<0.46	<3.24
10544	10526	6 de agosto de 2013	7 de agosto de 2013	31	30	30.5	0.156	<0.10	<0.70	1388	0.216	<0.46	<3.24
10545	10527	7 de agosto de 2013	8 de agosto de 2013	30	30	30.3	0.156	<0.10	<0.70	1407	0.219	<0.46	<3.19
10546	10528	8 de agosto de 2013	9 de agosto de 2013	30	30	30.4	0.156	<0.10	<0.70	1383	0.216	<0.46	<3.26
10547	10529	9 de agosto de 2013	10 de agosto de 2013	30	29	29.7	0.155	<0.10	<0.70	1435	0.223	<0.45	<3.16
10548	10530	10 de agosto de 2013	11 de agosto de 2013	29	29	29.2	0.156	<0.10	<0.70	1394	0.217	<0.46	<3.24
10549	10531	11 de agosto de 2013	12 de agosto de 2013	29	28	28.8	0.156	<0.10	<0.70	1384	0.216	<0.46	<3.22
10550	10532	12 de agosto de 2013	13 de agosto de 2013	28	29	28.4	0.157	<0.10	<0.70	1386	0.217	<0.46	<3.22

	nox	sox
<b>max</b>	<b>0.83</b>	<b>&lt;3.26</b>
<b>min</b>	<b>&lt;0.43</b>	<b>&lt;2.91</b>
<b>Promedio</b>	<b>0.49</b>	<b>&lt;3.15</b>

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

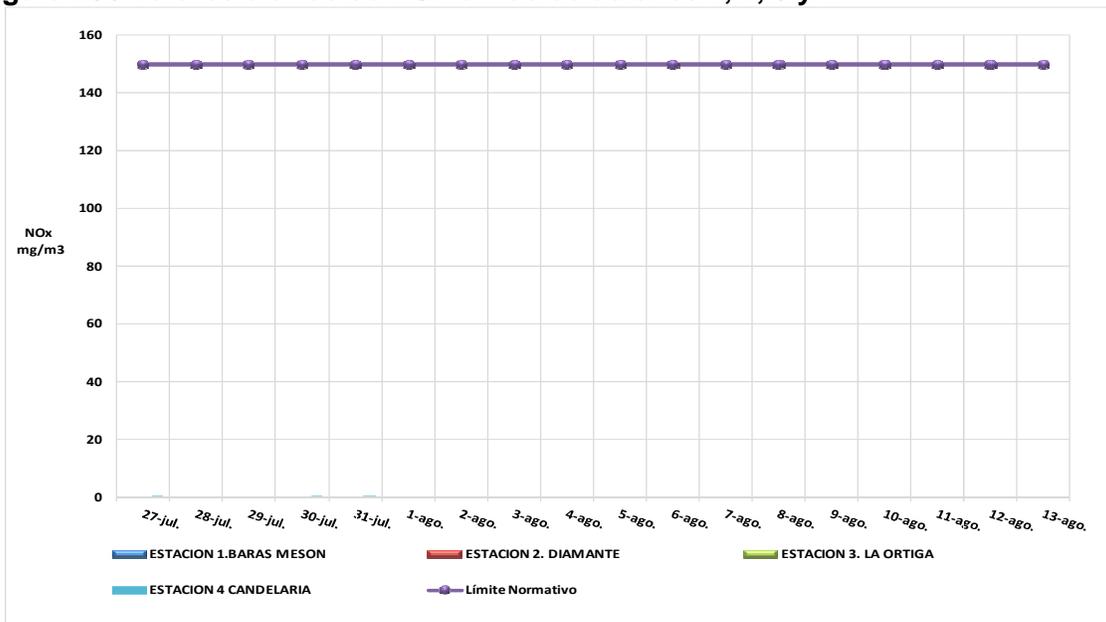
**Tabla 251 Resultados Monitoreo óxidos de nitrógeno y azufre, Diciembre de 2013, Estación 5**

DATOS								CALCULOS			RESULTADOS		
Identificación Muestra		FECHAS, dd-mmm-aa		T, Inicio	T, Fin	T, prom	Caudal estándar (L/min)	MASA, µg		TIEMPO, min	VOLUMEN, CEPT m <sup>3</sup>	CONCENTRACIÓN, µg/m <sup>3</sup>	
Nox	Sox	INICIO	FIN	°C	°C	°C		NOx	SOx			NOx	SOx
<b>ESTACION 1. LA HERRERA - RIO BLANCO.</b>													
307	325	4 de diciembre de 2013	5 de diciembre de 2013	25.2	25.0	25.1	0.144	0.195	<0.400	1404.00	0.203	0.962	<1.915
308	326	5 de diciembre de 2013	6 de diciembre de 2013	25.0	22.2	23.6	0.146	0.215	<0.400	1387.20	0.203	1.060	<1.924
309	327	6 de diciembre de 2013	7 de diciembre de 2013	22.2	23.0	22.6	0.150	<0.100	<0.400	1389.00	0.208	<0.481	<1.925
310	328	7 de diciembre de 2013	8 de diciembre de 2013	23.0	22.5	22.8	0.150	0.178	<0.400	1388.40	0.209	0.853	<1.920
311	329	8 de diciembre de 2013	9 de diciembre de 2013	22.5	23.8	23.2	0.148	<0.100	<0.400	1407.00	0.209	<0.479	<1.905
312	330	9 de diciembre de 2013	10 de diciembre de 2013	23.8	23.6	23.7	0.150	<0.100	<0.400	1419.00	0.212	<0.471	<1.903
313	331	10 de diciembre de 2013	11 de diciembre de 2013	23.6	20.5	22.1	0.152	0.103	<0.400	1437.00	0.219	0.470	<1.870
314	332	11 de diciembre de 2013	12 de diciembre de 2013	20.5	25.6	23.1	0.150	0.148	<0.400	1404.00	0.211	0.702	<1.953
315	333	12 de diciembre de 2013	13 de diciembre de 2013	25.6	22.7	24.2	0.147	0.210	<0.400	1436.40	0.212	0.992	<1.935
316	334	13 de diciembre de 2013	14 de diciembre de 2013	22.7	21.9	22.3	0.151	0.176	<0.400	1418.40	0.214	0.823	<1.932
317	335	14 de diciembre de 2013	15 de diciembre de 2013	21.9	20.0	21.0	0.152	<0.100	<0.400	1407.00	0.214	<0.467	<1.916
318	336	15 de diciembre de 2013	16 de diciembre de 2013	20.0	19.8	19.9	0.151	0.125	<0.400	1420.80	0.215	0.581	<1.855
319	337	16 de diciembre de 2013	17 de diciembre de 2013	19.8	19.5	19.7	0.151	<0.100	<0.400	1399.20	0.211	<0.475	<1.888
320	338	17 de diciembre de 2013	18 de diciembre de 2013	19.5	18.8	19.2	0.154	0.401	<0.400	1393.80	0.214	1.873	<1.865
321	339	18 de diciembre de 2013	19 de diciembre de 2013	18.8	18.8	18.8	0.154	<0.100	<0.400	1388.40	0.214	<0.467	<1.838
322	340	19 de diciembre de 2013	20 de diciembre de 2013	18.8	18.6	18.7	0.152	0.187	<0.400	1386.00	0.210	0.890	<1.856
323	341	20 de diciembre de 2013	21 de diciembre de 2013	18.6	18.0	18.3	0.151	0.118	<0.400	1449.00	0.219	0.538	<1.779
324	342	21 de diciembre de 2013	22 de diciembre de 2013	18.0	18.5	18.3	0.153	0.127	<0.400	1412.40	0.216	0.588	<1.808
	nox												
<b>max</b>	<b>1.873</b>	<b>&lt;1.953</b>											
<b>min</b>	<b>&lt;0.467</b>	<b>&lt;1.779</b>											
<b>Promedio</b>	<b>0.732</b>	<b>&lt;1.888</b>											

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

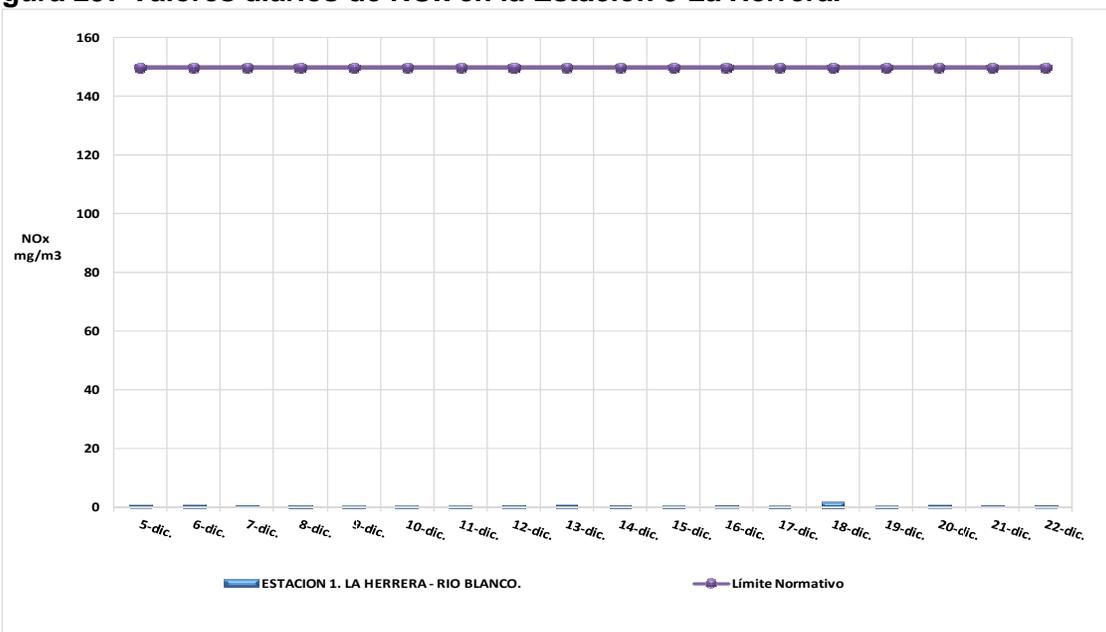
La Figura 296 representan los valores de concentración de NOx y describen el comportamiento de los resultados de los análisis durante los 18 días del muestreo. En comparación con la norma (Resolución 610 del 2010 de MAVDT), no se evidenció una influencia significativa de estos compuestos en el ambiente.

**Figura 296 Valores diarios de NOx en las estaciones 1, 2, 3 y 4**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

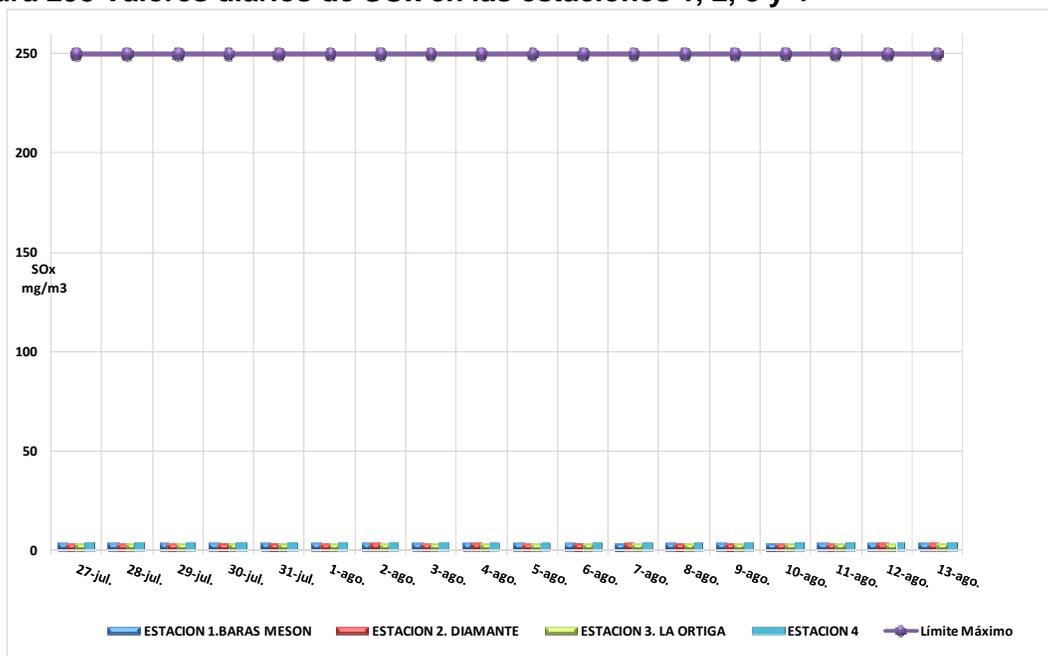
**Figura 297 Valores diarios de NOx en la Estación 5 La Herrera.**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

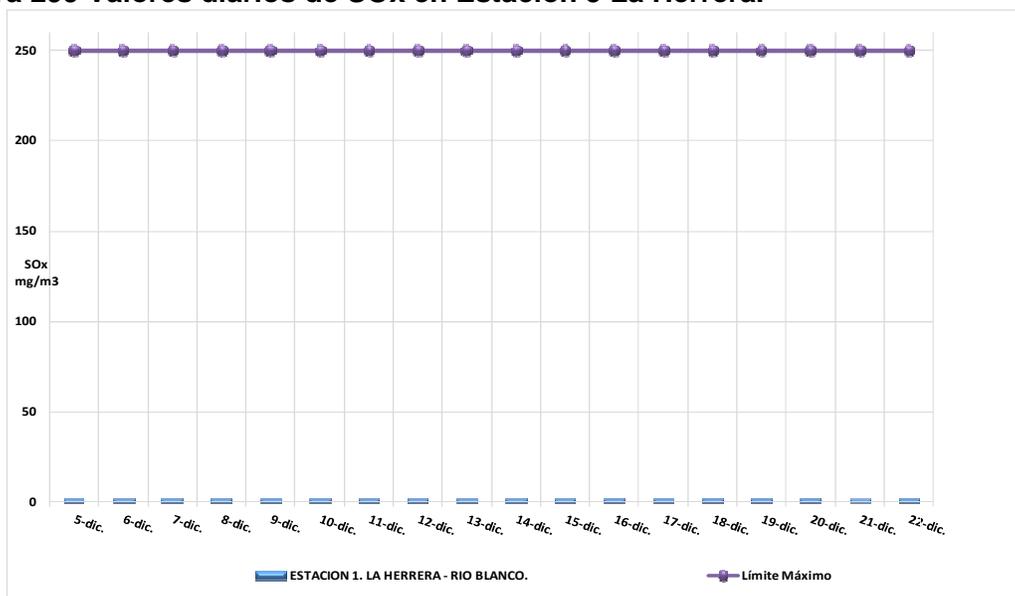
La Figura 298 representa los valores de concentración de SO<sub>x</sub> y describen el comportamiento de los resultados de los análisis durante los 18 días del muestreo. En comparación con la norma (Resolución 610 del 2010 de MAVDT), no se evidenció una influencia significativa de estos compuestos en el ambiente

**Figura 298 Valores diarios de SO<sub>x</sub> en las estaciones 1, 2, 3 y 4**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

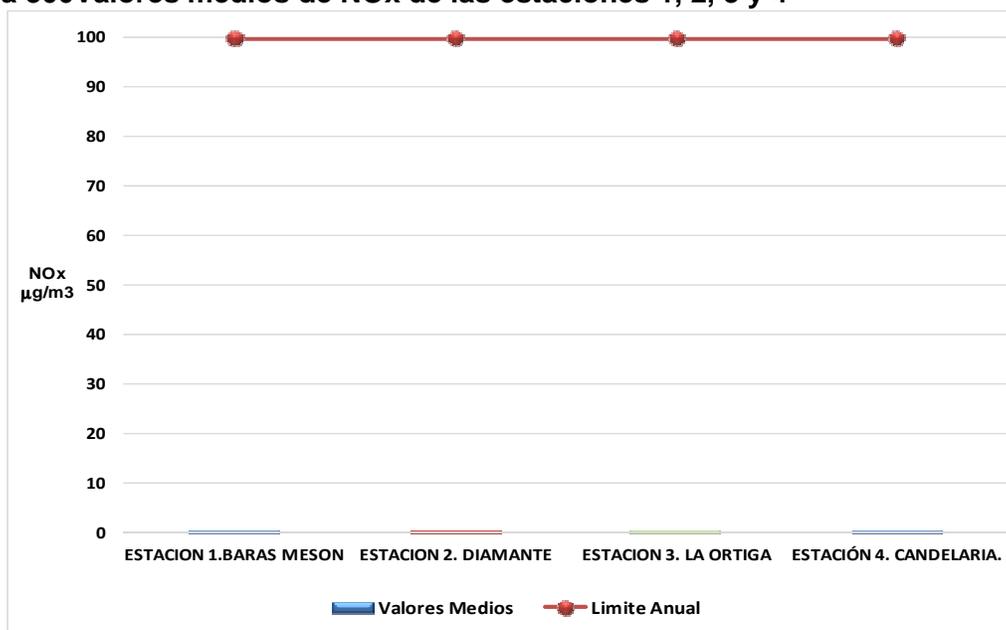
**Figura 299 Valores diarios de SO<sub>x</sub> en Estación 5 La Herrera.**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

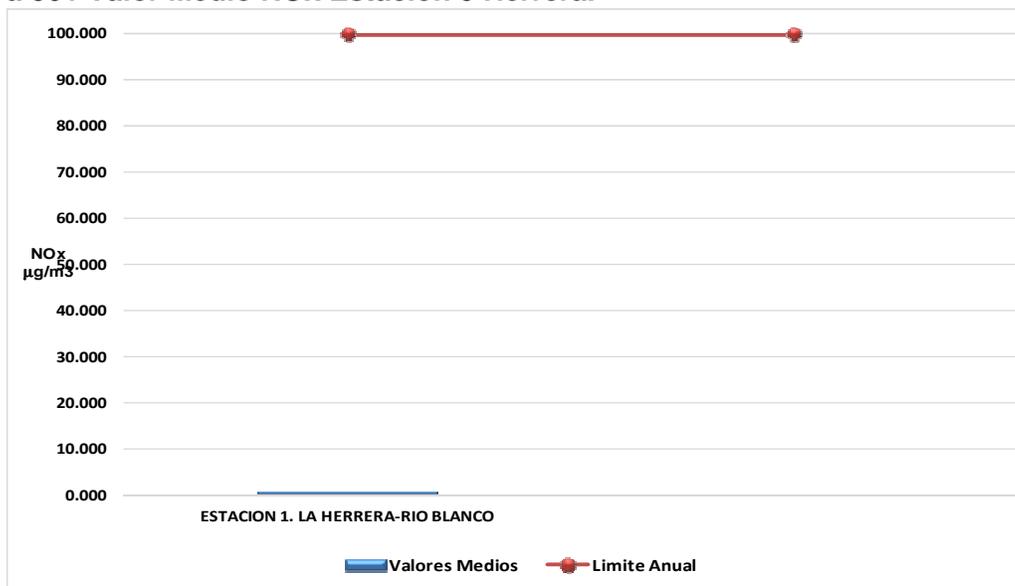
En las Figura 300 y Figura 301 se ilustran los valores medios de concentración de NO<sub>x</sub>, obtenidos para cada una de las estaciones ubicadas en cada uno de los puntos de monitoreo y su comparación con la normatividad para tiempos de exposición anuales.

**Figura 300**Valores medios de NO<sub>x</sub> de las estaciones 1, 2, 3 y 4



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

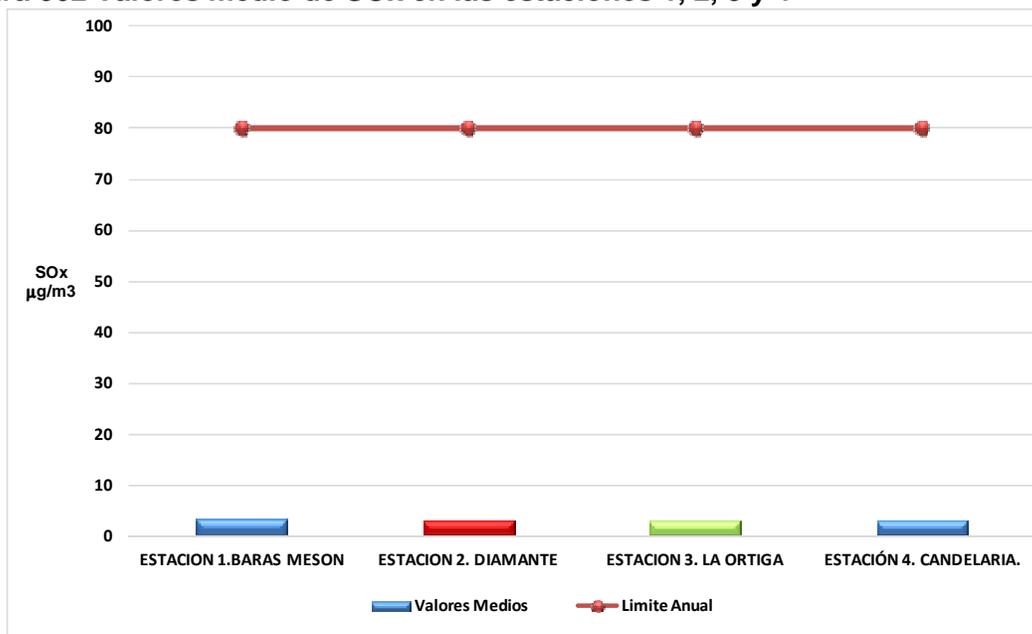
**Figura 301** Valor Medio NO<sub>x</sub> Estación 5 Herrera.



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

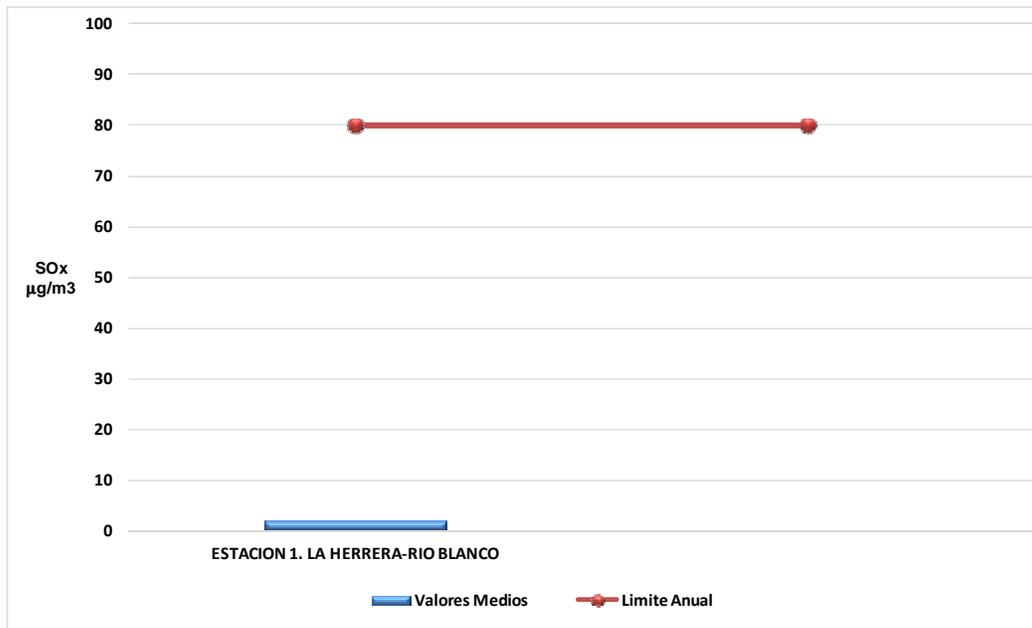
En las Figura 302 y Figura 303 se ilustran los valores medios de concentración de SO<sub>x</sub>, obtenidos para cada una de las estaciones ubicadas en cada uno de los puntos de monitoreo y su comparación con la normatividad para tiempos de exposición anuales.

**Figura 302 Valores medio de SO<sub>x</sub> en las estaciones 1, 2, 3 y 4**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Figura 303 Valor Medio SO<sub>x</sub> Estación 5 La Herrera.**



Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

Las anteriores figuras presentaron un comportamiento típico para las zonas estudiadas, sin picos que indicara concentraciones altas de los gases evaluados, lo anterior se debe a que las estaciones fueron ubicadas en aéreas rurales donde no se evidenció la quema de combustibles y / o actividades generadoras de óxidos de azufre y nitrógeno.

En conclusión, las concentraciones de NOx y SOx encontradas en las cinco estaciones fueron muy bajas en comparación con los límites de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  y 80  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  respectivamente, establecidos para óxidos de azufre y nitrógeno por la Resolución 610 del 2010 del MAVDT para tiempos de exposición anuales.

### ***Monóxido de Carbono***

Las concentraciones de monóxido de carbono evaluado en las cuatro estaciones y que se presenta en las Tabla 252 corresponde a 4 lecturas instantáneas en un intervalo de 1 hora diaria por estación. En la totalidad de las Estaciones el nivel de concentración de CO en el ambiente no fue detectable (ND) con el equipo de medición, lo que equivale a concentraciones <1 ppm, lo que consecuentemente está por debajo del límite de 40.000  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , establecido por la Resolución 610 de 2010 del MAVDT para tiempos de exposición de 1 hora, e inclusive para tiempos de exposición de ocho horas.

**Tabla 252 Concentraciones de CO en PPM, julio y agosto de 2013, todas las estaciones**

DIA	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4	DIA	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
1	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	10	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
2	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	11	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
3	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	12	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
4	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	13	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
5	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	14	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
6	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	15	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
7	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	16	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
8	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	17	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
9	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	18	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm
	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm		< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm	< 1 ppm

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente.

**Tabla 253 Concentración de CO, en ppm. Diciembre de 2013, Estación 5 La Herrera**

DIA	ESTACIÓN 1						
1	< 1 ppm	6	< 1 ppm	11	< 1 ppm	16	< 1 ppm
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
2	< 1 ppm	7	< 1 ppm	12	< 1 ppm	17	< 1 ppm
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
3	< 1 ppm	8	< 1 ppm	13	< 1 ppm	18	< 1 ppm
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
4	< 1 ppm	9	< 1 ppm	14	< 1 ppm		< 1 ppm
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
5	< 1 ppm	10	< 1 ppm	15	< 1 ppm		< 1 ppm
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		
	< 1 ppm		< 1 ppm		< 1 ppm		

Fuente: CIMA-Corporación Integral del Medio Ambiente

De acuerdo con los resultados obtenidos del monitoreo de calidad del aire se concluye que en ninguna de las cuatro estaciones se superó el límite de parámetros de conformidad con la normatividad vigente para Partículas Suspendidas Totales de 300  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  para tiempos de exposición diario, tampoco se superó el límite normativo de 100  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  para tiempos de exposición anual.

Adicionalmente, la estación que presentó mayor concentración de Partículas Suspendidas Totales en el aire fue la Estación 4 ubicada en el sector llamado Tiple abajo (Candelaria), con una concentración media de 73.7  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , y en la estación 1 se presentó el menor valor de concentración con 6.3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

El promedio de concentración de PST en la zona, tomando las concentraciones medias de las cuatro estaciones de calidad del aire fue de 29.45  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , valor inferior al límite normativo.

En la Estación 5 La Herrera, El promedio de concentración de PST tomando las concentraciones diarias fue de 6.3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , valor inferior al límite normativo.

La estación que presentó mayor concentración de PM-10 en el aire fue la Estación 3 ubicada en el sector Tiple abajo (Candelaria), con una concentración media de 44.4  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , la Estación 1 ubicada en Varas mesón presentó el menor valor de concentración con 6.1  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

El promedio de concentración de PM-10 en la zona objeto de estudio, tomando las concentraciones medias de las cuatro estaciones de calidad del aire fue de 19.2  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , valor inferior al límite normativo

En la Estación 5 La Herrera el promedio de concentración de PM-10, tomando las concentraciones diarias fue de 4.1  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , valor inferior al límite normativo.

Es importante resaltar que las concentraciones de PST y PM-10 en la estación 4 se debió probablemente a que el muestreo se realizó en una zona de explotación agroindustrial, monocultivo de caña, y en el ejercicio de esta actividad se utiliza maquinaria, y se tienen zonas descapotadas y/o en proceso de descapote, esto incrementa significativamente las concentraciones de material particulado, también se observó la quema de grandes extensiones de cultivo de caña en las horas de la noche.

Se destaca que las bajas concentraciones de PST y PM-10 y los gases estudiados en las estaciones Varas-Mesón, Diamante, La Ortiga y la Herrera se debió probablemente a que el muestreo se realizó en una zona netamente rural con buena cobertura vegetal. Sin industrias y/o carreteras transitadas cerca.

En ninguna de las cinco estaciones se superó el límite normativo de 80 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (SO<sub>2</sub>) y 100 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (NO<sub>2</sub>) para tiempos de exposición anual, tampoco se superó en ninguno de los 18 días de monitoreo el límite normativo de 250 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (SO<sub>2</sub>) y 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (NO<sub>2</sub>) para tiempos de exposición diarios.

### 3.2.7.3 Ruido

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de los niveles de presión sonora para el proyecto "línea de transmisión tesalia-alférez 230 kv y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 - 2009".

El estudio de ruido fue ejecutado entre los días 27 de julio y 13 de agosto de 2013 de acuerdo a los requerimientos del contratista durante las obras de dicho proceso.

La segunda parte del estudio fue realizado para el Tramo la Herrera-Paramo las Hermosas", el entre los días 5 y 22 de Diciembre de 2013

Se implementó un plan de trabajo que consistió en establecer cuatro (5) puntos de ruido ambiental, en cada uno de los puntos de monitoreo de calidad del aire del EIA referenciados en el informe 204CA(2)-2013, dichos monitoreos se ejecutaron en días hábiles y festivos en los horarios diurno y nocturno de acuerdo a lo establecido por la Resolución 627 de 2006 del MAVDT., período en el cual se tomaron lecturas para verificar los Niveles de Presión Sonora (NPS). Lo anterior, con el fin de determinar los niveles de ruido ambiental en la zona de estudio, para tal efecto se llevaron a cabo veinte (20) mediciones en el área total del estudio.

En el C1-09-02 Informe Ruido se presenta el Informe detallado.

- **Normas de referencia**

Los resultados del monitoreo se comparan con los valores de referencia tomados de la norma Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Los valores de referencia se toman del Capítulo II, Tabla 2 de la Resolución 627 de 2006, en la fila correspondiente a “Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado, Subsector: Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.”

**Tabla 254 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dBA**

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
<b>Sector A. Tranquilidad y Silencio</b>	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.			
<b>Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado</b>	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.	75	70
	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.		
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.		
	Zonas con usos permitidos de oficinas.		
	Zonas con usos institucionales.		
<b>Sector C. Ruido Intermedio Restringido</b>	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
	<b>Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado</b>	55	45
	Residencial suburbana.		
Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.			
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 627 del 07 de Abril de 2006, Emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- **Metodología de monitoreo y evaluación de ruido ambiental**

El monitoreo se realizó siguiendo el procedimiento estipulado en los Capítulos II y III del Anexo 3 de la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los cuales corresponden a las normas ANSI S1. Inicialmente se realizó una descripción de la zona en estudio y su área de influencia, donde se delimitó el área de estudio mediante la herramienta Google Earth, con el fin de referenciar todo el sector evaluado, el número de puntos y los tiempos de medición para la realización del monitoreo.

Para el monitoreo se realizó una calibración acústica del micrófono con el Calibrador acústico Quest QC-10 OIL 100278 verificando la calibración del sonómetro a 114.0 dBA antes y después de la jornada de monitoreo, luego se ubica el micrófono a una altura de 4,00 metros. Las mediciones se toman empleando la escala de ponderación A (dBA) y en respuesta lenta (slow).

En total se obtuvieron para los estudios veinte (20) mediciones, en intervalos unitarios de tiempo de medida de tres (3) minutos para los puntos de ruido ambiental, en cada una de las cinco (5) direcciones (norte, sur, este, oeste y arriba), para un total de 15 minutos continuos para cada punto en horario diurno y nocturno en día hábil y festivo.

La ubicación de los puntos se definió en los mismos sitios que fueron ubicadas las estaciones de calidad del aire monitoreadas entre el 27 de julio y el 13 de agosto y el último punto los días 5 y 22 de Diciembre de 2013.

**Tabla 2 Datos generales de la medición**

Parámetros del estudio	
# Loc Quest	El número de archivo en la memoria del sonómetro QUEST
L1 (Leq),dBA	Nivel continuo equivalente de ruido en el periodo de medición (resultado de la medición)
Lmax, dBA	Máximo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.
Lmin. dBA	Mínimo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.
L10.dBA	Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de medición.
L90.dBA	Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de medición.
Horarios	Las lecturas diurnas se realizaron entre las 7:01 y las 21:00, y las nocturnas entre las 21:01 y las 7:00, cumpliendo así con los horarios establecidos en la normatividad.
<b>Condiciones meteorológicas</b>	
<b>Temperatura ambiente promedio</b>	
<b>Presión Atmosférica Promedio</b>	
<b>% Humedad relativa promedio</b>	
<b>Altitud</b>	

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

- Equipos utilizados

En la Tabla 231 se puede ver el listado de los equipos más importantes utilizados durante el monitoreo.

**Tabla 255 Equipos utilizados durante la medición**

	<b>Sonómetro Quest SoundPro SP DL 1-1/3 BLL100010</b>	
	<b>Clase</b>	Tipo I.
	<b>Precisión</b>	± 1dB
	<b>Sensibilidad</b>	Sensibilidad de micrófono independiente de la frecuencia.
	<b>Funciones</b>	Lectura en tiempo real con analizador frecuencias en tercios de octava.
	<b>Características Generales</b>	Filtros de ponderación de frecuencia A, B, C y Z. Modos de respuesta rápida, lenta, impulsos y picos. Determinación del nivelequivalente, máximo y mínimo. Provisto con cable de extensión de micrófono.
	<b>Normatividad</b>	Cumple norma IEC 61672-1:2002
	<b>Certificados</b>	Certificado de calibración vigente. Ver soportes del C1-09-03 Certificaciones laboratorio
	<b>Calibrador acústico Quest QC-10 OIL 100278</b>	
	<b>Nivel de de calibración</b>	94 dB y 114 dB.
	<b>Normatividad</b>	Cumple norma IEC 60942:2003.
	<b>Certificados</b>	Certificado de calibración vigente, Ver soportes del C1-09-03 Certificaciones laboratorio
	<b>SOFTWARE</b>	
	<b>Referencia</b>	QuestSuite® <i>Professional II</i>
	<b>Versión</b>	4.2.2296
	<b>Características</b>	Descarga datos de los estudios realizados por el sonómetro
	<b>Certificados</b>	Certificado de funcionamiento, Ver soportes del C1-09-03 Certificaciones laboratorio
	<b>Trípode</b>	

	<b>Características Generales</b>	Ajustable a altura de cuatro (4) metros. Capacidad de giro de 360 grados. Desarmable. Orientación variable.
--	----------------------------------	--

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

- **Puntos de medición**

Los puntos se definieron en cada una de las estaciones de monitoreo de calidad del aire, en zonas despojadas y dentro de la área de influencia del proyecto objeto de estudio.

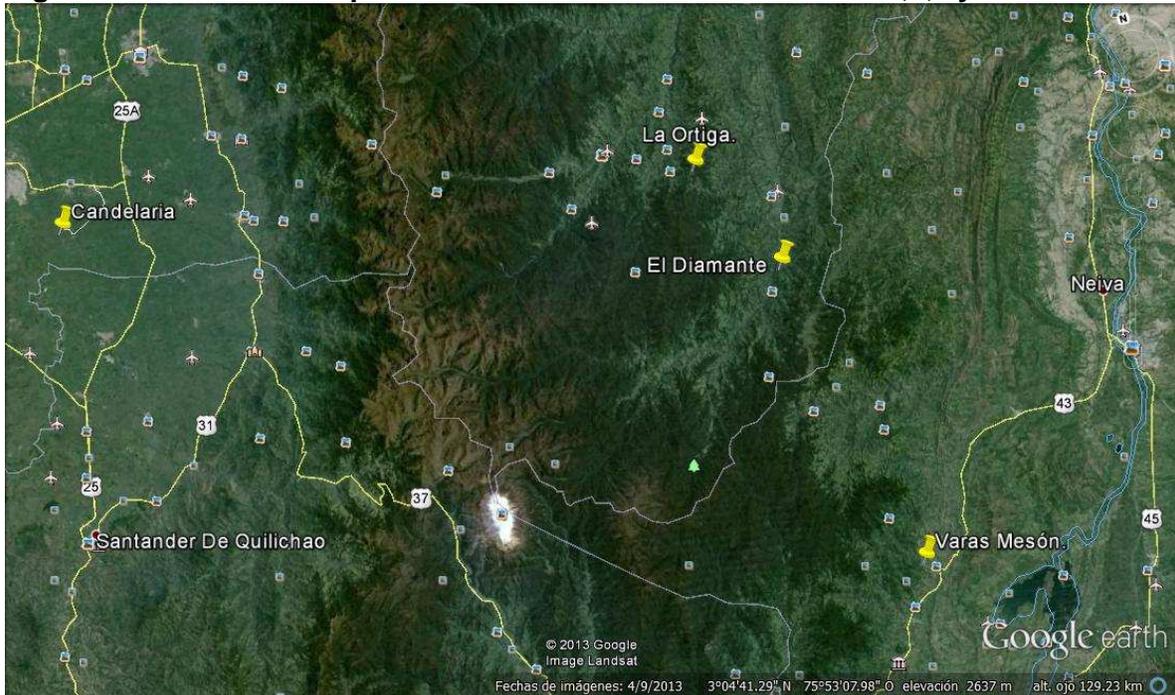
La Tabla 256 se presenta la descripción y coordenadas de los puntos estudiados durante el monitoreo de ruido ambiental y el punto de referencia interno cuya ubicación se puede observar en la Figura 304.

**Tabla 256 Puntos de medición de ruido ambiental**

Estación No.	Nombre.	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas	
		m.N.	m.E.	m.N.	m.E.
1	Varas Mesón	2°44'57.6"	75°35'01.0"	795562.736	1166514.269
2	El diamante	3°06'43.9"	75°39'40.8"	835689.115	1157818.159
3	La ortiga (BLANCO)	3°14'34.6"	75°43'38.8"	850141.684	1150448.101
4	Candelaria - Tiple Abajo.	3°21'18.90"	76°26'28.6"	862483.026	1071087.312
5	Finca el Edén - La Herrera	3°17'11.6"	75°49'39.4"	855266.915	1138921.584

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Figura 304 Ubicación de puntos de ruido ambiental Estaciones 1,2,3 y 4**



Fuentes: Google Earth-CIMA

**Figura 305 Ubicación de puntos de ruido ambiental Estación 5 La Herrera**



Fuentes: Google Earth-CIMA

- **Resultados de monitoreo de ruido ambiental**

El monitoreo de ruido ambiental para el proyecto "línea de transmisión tesalia-alférez 230 kv y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 - 2009", no sólo se tuvo en cuenta los niveles de presión sonora registrados por los equipos, sino que también se evaluaron las fuentes generadoras de ruido y las condiciones meteorológicas de las zonas.

### **Fuentes de generadoras de ruido**

Las fuentes generadoras de ruido identificadas en las zonas donde se instalaron los equipos de medición de ruidos, se clasifican en fuentes naturales.

### **Información meteorológica**

**Tabla 257 Información meteorológica básica**

NOMBRE	Temperatura ambiente promedio (°c)	Presión atmosférica promedio	Altitud m.s.n.m.
<b>Estación 1: Varas Mesón, Teruel , Huila.</b>	20	658	1344
<b>Estación 2: El Diamante, Planadas, Tolima.</b>	20.5	662	1365
<b>Estación 3: La Ortiga, Planadas, Tolima.</b>	17.5	574	2464
<b>Estación 4: Tiple abajo, Candela, Valle del cauca.</b>	24	688	958
<b>Estación 5: La Herrera, Rio Blanco, Tolima</b>	22	632.39	1688

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Resultados de niveles de presión sonora**

A continuación se presentan los datos, cálculos y resultados de cada una de las cuatro (4) estaciones en donde se midió los niveles de presión sonora.

Los valores obtenidos se comparan con las normas de calidad del aire establecidas en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

#### ***Estación 1***

El monitoreo de ruido ambiental se ejecutó a una altura de 1344 msnm, en la vereda Varas Mesón, Predio La macarena a 30 Metros al sureste de la vivienda, cerca a las torres de telecomunicaciones.

#### ***Monitoreo diurno***

El monitoreo en horario diurno se realizó el día 7 de agosto de 2013 (días festivo) a las 12:10 m y finalizó a las 12:28 m, y el 1 de agosto de 2013 a las 16:35 y finalizó a las 16:52 el día hábil.

En horario diurno se observa que no supera el límite de 55 dBA. En la Tabla 258 Se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno.

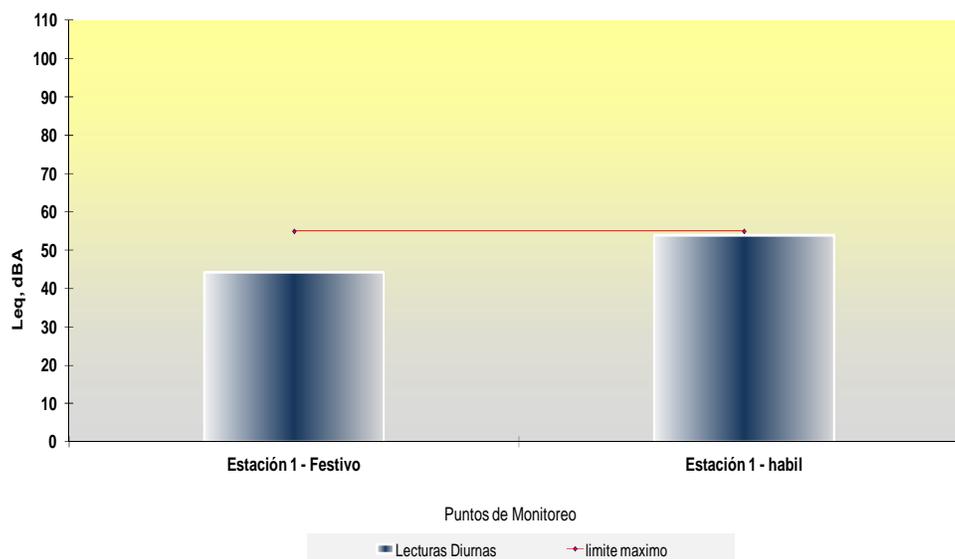
**Tabla 258 Resumen de las lecturas diurnas de monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 1.**

Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
1	Estación 1 - Festivo	S491	44.3	58.9	40.7	41.5
1	Estación 1 - habil	S118	53.9	61.6	51.8	52.2

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la Figura 306 se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la estación uno (1) en horario diurno en el área de estudio. En el monitoreo del día hábil se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 53,9 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos no superan lo estipulado en la norma (55 dBA).

**Figura 306 Monitoreo de ruido diurno, Estación 1**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por Impulso KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto uno (1), se evidencia componentes impulsivos neta para monitoreo en día festivo, realizando la debida corrección a este punto se debe sumar tres (3) dBA, Se observa que los puntos afectados anteriormente cumplen la normatividad ambiental vigente, al no superar los 55 dBA permitidos para horario diurno como lo muestra la Tabla 259.

**Tabla 259 de la corrección por impulsos (KI), Estación 1**

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS			KI (dBA)	Leq KI	Percepción	
		# Loc	LAS,T Dba	LAI,T Dba				Li
<b>HORARIO DIURNO</b>								
Estación 1 - Festivo	12:10:35	S491	44.3	48.4	4.1	3.0	47.3	NETA
Estación 1 - habil	16:35:04	S118	53.9	55.3	1.4	0.0	53.9	NULA

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Corrección por tono y contenido de información KT**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto uno (1), se evidencia percepción Neta y fuerte de componentes tonales para el horario diurno, como se muestra en la Tabla 260

**Tabla 260 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 1**

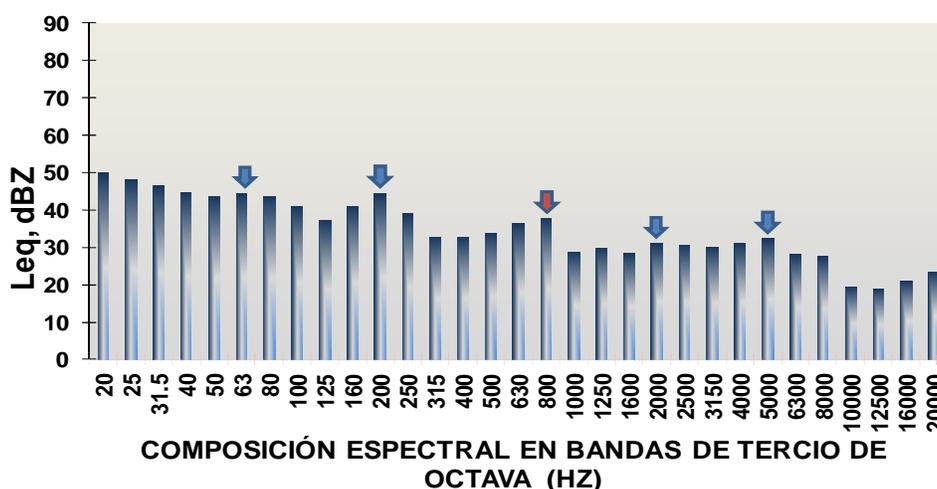
FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN	
	1	2
20	0	0
25	0	0
31.5	0	0
40	0	0
50	0	0
63	0	0
80	0	0
100	0	0
125	0	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	0	0
500	0	0
630	0	0
800	0	0
1000	0	0
1250	0	0
1600	0	0
2000	3	3
2500	0	0
3150	0	6
4000	0	0
5000	6	0
6300	0	0
8000	0	6
10000	6	0
12500	0	0
16000	0	0
20000	0	0
<b>Leq kt</b>	<b>50.7</b>	<b>48.2</b>

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la estación uno (1) se presenta percepción fuerte de componentes tonales; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar seis (6) dBA. Se observa que los dos puntos son penalizados y superan la incumple la normatividad ambiental vigente, al superar los 55 dBA permitidos para horario diurno.

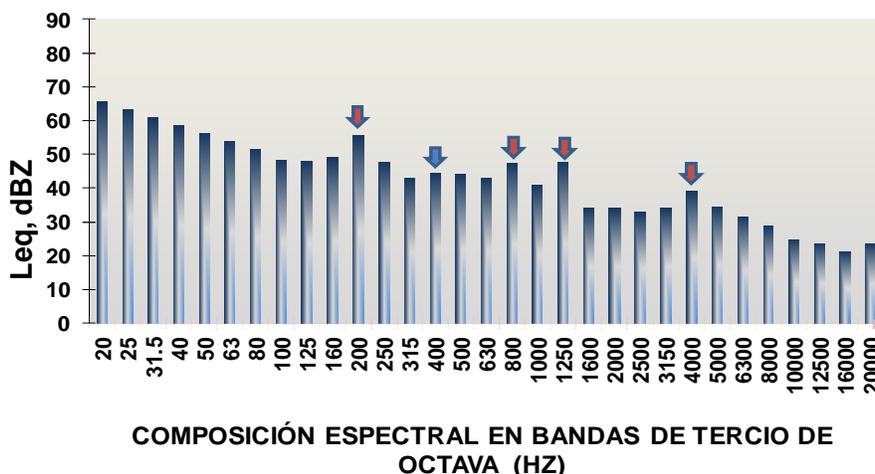
En las Figura 307 y Figura 308. Se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

**Figura 307 Identificación de componente tonales en el día festivo-diurno, Estación 1**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Figura 308 Identificación de componente tonales en el día hábil-diurno, estación 1**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por ciertas fuentes y situaciones Ks**

Dado que la Resolución 627 del 7 de abril de 2006, determina el aporte de componentes a bajas frecuencias mediante el siguiente ajuste: “Si el ruido proviene de instalaciones de ventilación y climatización, a bajas frecuencias, se adicionan los siguientes valores a los niveles de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A y respuesta lenta (S), LAeq,T 5 dB(A) en período diurno.

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

### **Monitoreo nocturno**

El monitoreo en horario nocturno se llevó a cabo el día 7 de agosto de 2013 (días festivo) a las 21:08 y finalizó a las 21:32 del mismo días y 1 de agosto de 2013 a las 21:07 y finalizó a las 21:26 para el día hábil.

En horario diurno se observó que no superó el límite de 45 dBA. En la Tabla 261 Se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno.

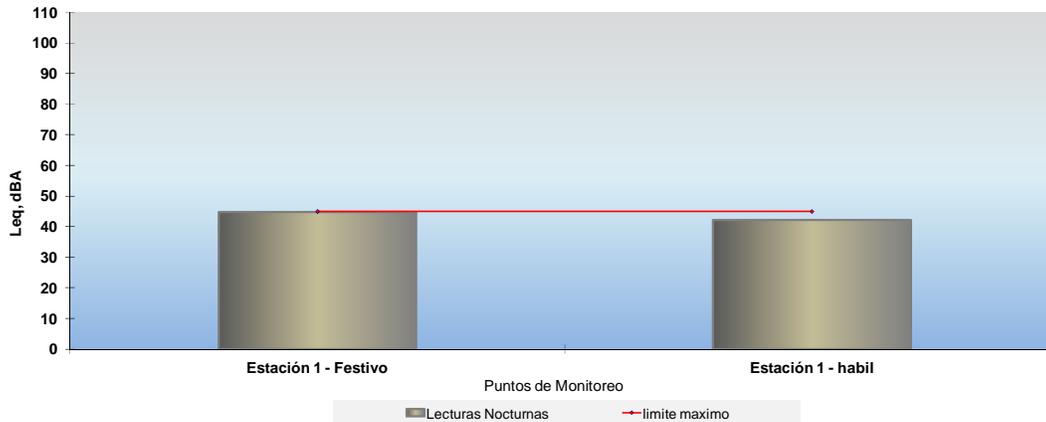
**Tabla 261 Resumen de las lecturas nocturnas de monitoreo discriminando por parámetro de medida, Estación 1**

Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
1	Estación 1 - Festivo	S492	44.7	56.0	42.2	41.5
1	Estación 1 - habil	S118	42.2	53.3	34.2	35.9

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la Figura 309 Se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la estación uno (1) en horario nocturno en el área de estudio. En el monitoreo del día hábil se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 44,7 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos no superan lo estipulado en la norma (45 dBA).

**Figura 309 Monitoreo de ruido nocturno, Estación 1**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por Impulso KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto uno (1), se evidencia componentes impulsivos neta para monitoreo en día festivo, realizando la debida corrección a este punto se debe sumar tres (3) dBA, debido a este ajuste las lecturas superan la norma ambiental vigente, al superar los 45 dBA permitidos para horario nocturno como lo muestra la Tabla 262.

**Tabla 262 Cálculo de las correcciones por impulsos (KI), Estación 1**

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS				KI (dBA)	Leq KI	Percepción
		# Loc	LAS, T Dba	LAI, T Dba	Li			
<b>HORARIO NOCTURNO</b>								
1	21:08:19	S492	44.7	48.0	3.3	3.0	47.7	NETA
2	08:57:42	S368	42.2	46.2	4.0	3.0	45.2	NETA

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por tono y contenido de información KT**

Para el monitoreo de ruido ambiental nocturno realizado en el punto uno (1), se evidencia percepción Neta y fuerte de componentes tonales para el horario nocturno, como se muestra en la Tabla 263.

**Tabla 263 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 1**

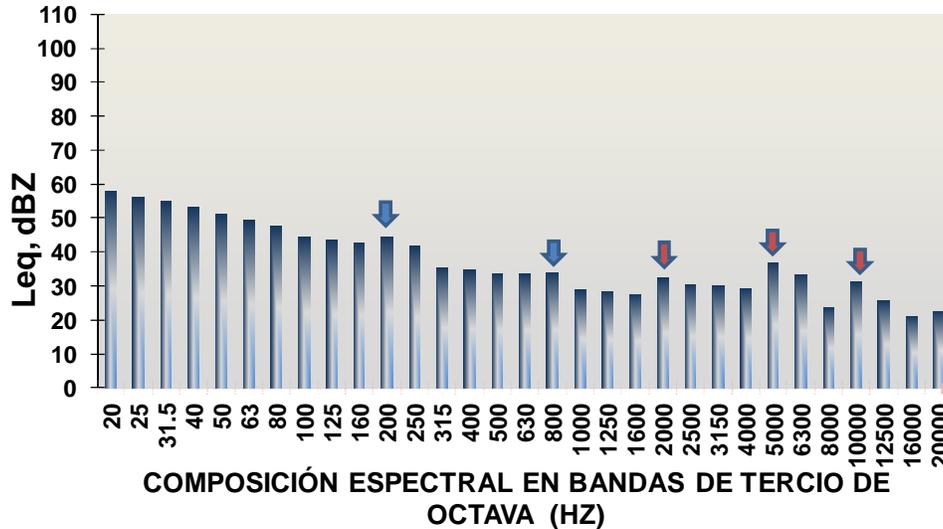
FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN	
	1	2
20	0	0
25	0	0
31.5	0	0
40	0	0
50	0	0
63	0	0
80	0	0
100	0	0
125	0	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	0	0
500	0	0
630	0	0
800	0	0
1000	0	0
1250	0	0
1600	0	0
2000	3	3
2500	0	0
3150	0	6
4000	0	0
5000	6	0
6300	0	0
8000	0	6
10000	6	0
12500	0	0
16000	0	0
20000	0	0
<b>Leq kt</b>	<b>50.7</b>	<b>48.2</b>

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la estación uno (1) se presenta percepción fuerte de componentes tonales; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar seis (6) dBA. Se observa que los dos puntos son penalizados por este componente incumple la normatividad ambiental vigente, al superar los 45 dBA permitidos para horario nocturno.

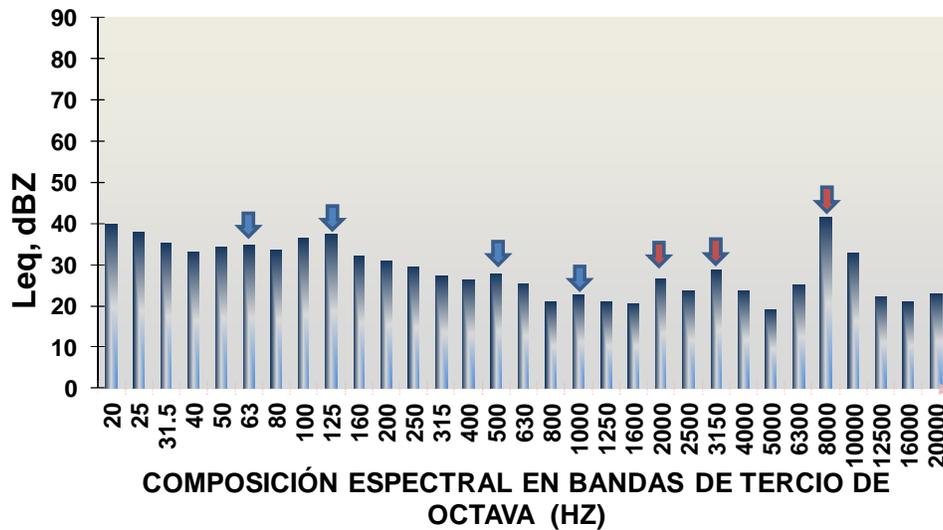
En las Figura 310 y Figura 311 se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

**Figura 310 Identificación de componente tonales en el día hábil-nocturno, Estación 1**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Figura 311 Identificación de componente tonales en el día hábil-nocturno, Estación 1**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Corrección por ciertas fuentes y situaciones Ks**

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

## Estación 2

El monitoreo de ruido ambiental se ejecutó a una altura de 1365 msnm, en las coordenadas referenciadas en la tabla 3.3 a 20 Metros al nororiente del predio Villa Esperanza en el margen de la vía Gaitania – Planadas

### Monitoreo diurno

Para el monitoreo en horario diurno se ejecutó el día 4 de agosto de 2013 a las 19:58 y finalizó a las 20:26 para el día festivo y 5 de agosto de 2013 a las 19:03 y finalizó a las 19:23 para el día hábil.

En horario diurno se observa que no supera el límite de 55 dBA. En la Tabla 264 se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno.

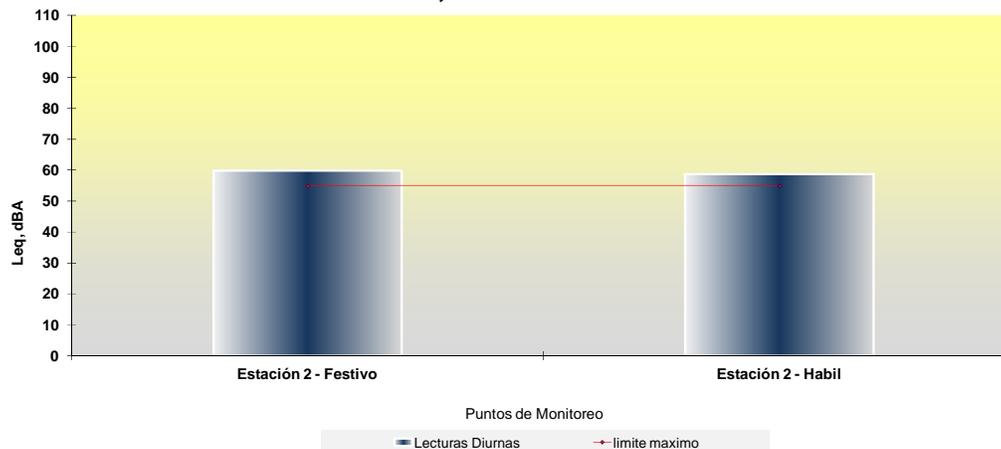
**Tabla 264 Resumen de las lecturas diurnas de monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 2**

Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
2	Estación 2 - Festivo	S121	59.8	76.5	43.1	45.7
2	Estación 2 - Hábil	S124	58.7	81.8	44.1	45.9

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la Figura 312 Se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la estación dos (2) en horario diurno en el área de estudio. En el monitoreo del día hábil se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 59,8 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos no superan lo estipulado en la norma (55 dBA).

**Figura 312 Monitoreo de ruido diurno, Estación 2**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por Impulso KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto dos (2), se evidencia componentes impulsivos neta para monitoreo en día festivo, realizando la debida corrección a este punto se debe sumar tres (3) dBA, Se observa que los puntos afectados anteriormente no cumplen la normatividad ambiental vigente, al superar los 55 dBA permitidos para horario diurno como lo muestra la Tabla 265.

**Tabla 265 Cálculo de la corrección por impulsos (KI), Estación 2**

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS				KI (dBA)	Leq KI	Percepción
		# Loc	LAS,T Dba	LAI,T Dba	Li			
<b>HORARIO DIURNO</b>								
Estación 2 - Festivo	19:58:47	S121	59.8	65.2	5.4	3.0	62.8	NETA
Estación 2 - Habil	19:03:48	S124	58.7	50.6	-8.1	0.0	58.7	NULA

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por tono y contenido de información KT**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto dos (2), se evidencia percepción Neta y fuerte de componentes tonales para el horario diurno, como se muestra en la Tabla 266.

**Tabla 266 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 2**

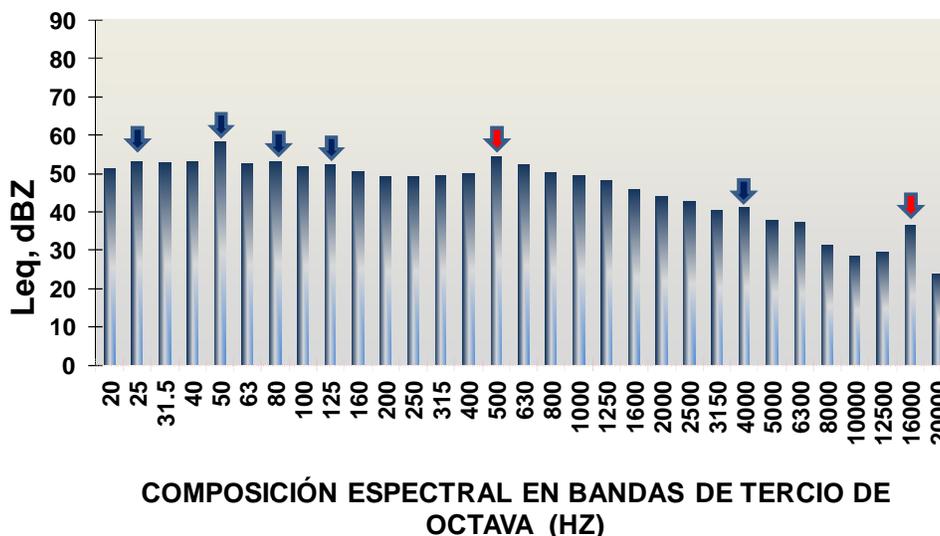
FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN dB(A)	
	2	2
20	0	0
25	0	0
31.5	0	0
40	0	0
50	0	0
63	0	0
80	0	0
100	0	0
125	0	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	0	0
500	0	3
630	0	0
800	0	0
1000	0	0
1250	0	0
1600	0	0
2000	0	0
2500	0	0
3150	0	0
4000	0	0
5000	0	0
6300	0	3
8000	0	0
10000	0	0
12500	0	0
16000	0	6
20000	0	0
<b>Leq kt</b>	<b>59.8</b>	<b>64.7</b>

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la estación uno (1) se presenta percepción fuerte de componentes tonales; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar seis (6) dBA. Se observa que los dos puntos son penalizados y superan la normatividad ambiental vigente, al superar los 55 dBA permitidos para horario diurno.

En la Figura 313 se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

**Figura 313 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 2**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

***Corrección por ciertas fuentes y situaciones Ks***

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

*Monitoreo nocturno*

Para el monitoreo en horario nocturno se ejecutó el día 4 de agosto de 2013 a las 23:34 y finalizó a las 23:50 para el día festivo y 5 de agosto de 2013 a las 23:51 y finalizó a las 00:08 para el día hábil.

En horario diurno se observa que supera el límite de 45 dBA. En la Tabla 267 se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno.

**Tabla 267 Resumen de las lecturas nocturnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 2**

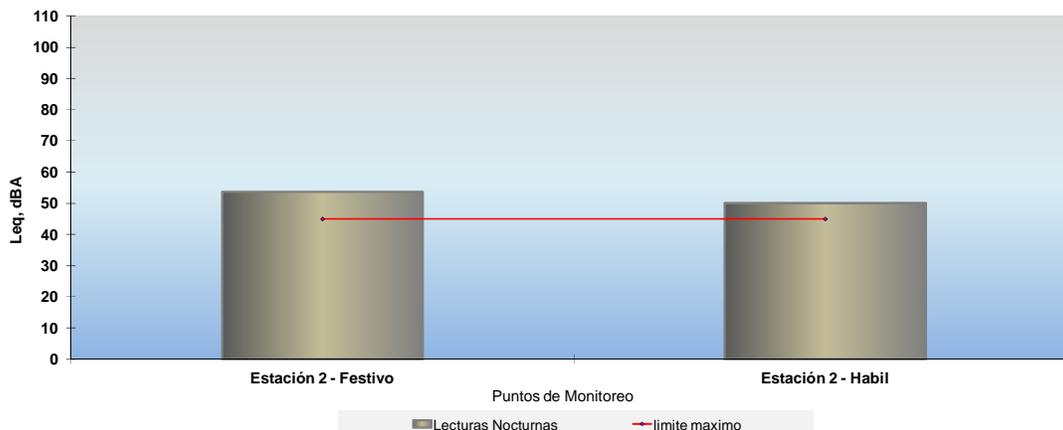
Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
2	Estación 2 - Festivo	S122	53.7	66.9	46.3	48.7
2	Estación 2 - Habil	S127	50.1	64.7	44.4	47.0

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la Figura 314 se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la estación dos (2) en horario nocturno en el área de estudio. En el monitoreo del día hábil se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 53,7 dBA, este valor

se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos superan lo estipulado en la norma (45 dBA).

**Figura 314 Monitoreo de ruido nocturno, Estación 2**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por Impulso KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto dos (2), se evidencia componentes impulsivos neta para monitoreo en día festivo, realizando la debida corrección a este punto se debe sumar tres (3) dBA, debido a este ajuste las lecturas superan la norma ambiental vigente, al superar los 45 dBA permitidos para horario nocturno como lo muestra la Tabla 268.

**Tabla 268 Cálculo de la corrección por impulsos (KI), Estación 2**

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS				KI (dBA)	Leq KI	Percepción
		# Loc	LAS, T Dba	LAI, T Dba	Li			
<b>HORARIO NOCTURNO</b>								
Estación 2 - Festivo	23:34:10	S122	53.7	54.9	1.2	0.0	53.7	NULA
Estación 2 - Habil	23:51:28	S127	50.1	54.3	4.2	3.0	53.1	NETA

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por tono y contenido de información KT**

Para el monitoreo de ruido ambiental nocturno realizado en el punto dos (2), se evidencia percepción Neta de componentes tonales para el horario nocturno, como se muestra en la Tabla 269.

**Tabla 269 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 2**

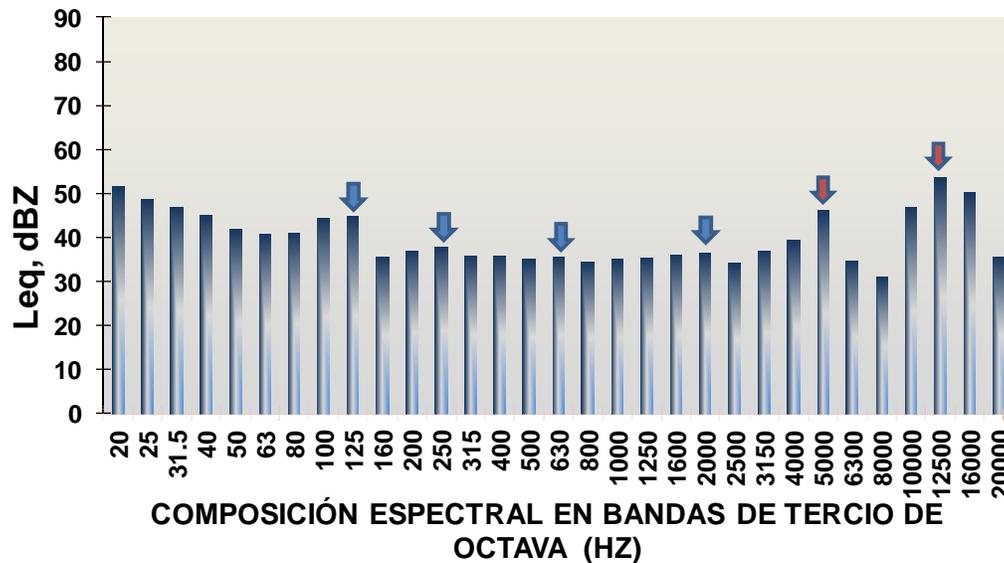
FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN dB(A)	
	2	2
20	0	0
25	0	0
31.5	0	0
40	0	0
50	0	0
63	0	0
80	0	0
100	0	0
125	0	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	0	0
500	0	0
630	0	0
800	0	0
1000	0	0
1250	0	0
1600	0	0
2000	0	0
2500	0	0
3150	0	0
4000	0	0
5000	6	0
6300	0	6
8000	0	0
10000	0	0
12500	3	0
16000	6	0
20000	0	0
<b>Leq kt</b>	<b>59.7</b>	<b>56.1</b>

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la estación dos (2) se presenta percepción fuerte de componentes tonales; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar seis (6) dBA. Se observa que los dos puntos son penalizados por este componente e incumplen la normatividad ambiental vigente, al superar los 45 dBA permitidos para horario nocturno.

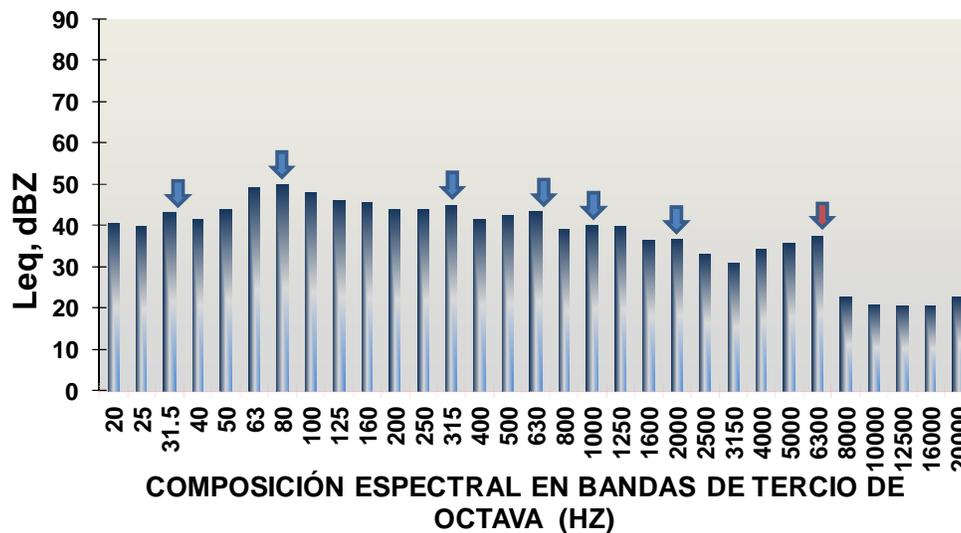
En las Figura 315 y Figura 316 se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

**Figura 315 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 2**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Figura 316 Identificación de componentes tonales en el día hábil, Estación 2**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Corrección por ciertas fuentes y situaciones Ks**

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

### Estación 3

El monitoreo de ruido ambiental se ejecutó a 20 m al suroccidente de la vivienda propiedad de Arsenio Osorio, margen derecho de la vía que va de planadas a La herrera, a una altura de 2464 msnm.

#### Monitoreo diurno

El monitoreo en horario diurno se ejecutó el día 7 de agosto de 2013 a las 16:02 y finalizó a las 16:18 para el día festivo y 6 de agosto de 2013 a las 13:13 y finalizó a las 13:29 para el día hábil.

En horario diurno se observa que no supera el límite de 55 dBA. En la Tabla 270 Se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno.

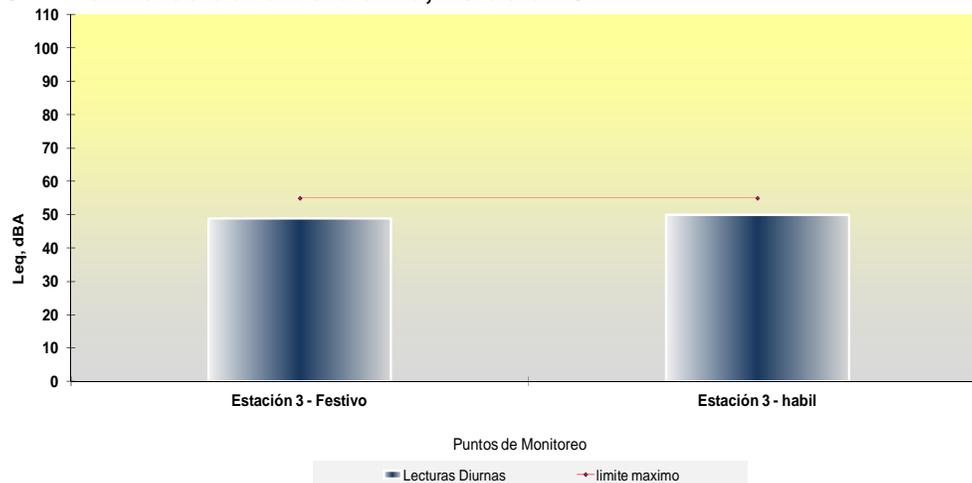
**Tabla 270 Resumen de las lecturas diurnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 3**

Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
3	Estación 3 - Festivo	S131	48.9	55.8	43.0	45.5
3	Estación 3 - habil	S128	50.0	64.2	41.0	42.4

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la Figura 317 se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la estación tres (3) en horario diurno en el área de estudio. En el monitoreo del día hábil se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 50,0 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos no superan lo estipulado en la norma (55 dBA).

**Figura 317 Monitoreo de ruido diurno, Estación 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por Impulso KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto tres (3), se evidencia componentes impulsivos fuerte para monitoreo en día festivo, realizando la debida corrección a este punto se debe sumar seis (6) dBA, Se observa que los puntos afectados anteriormente cumplen la normatividad ambiental vigente, al no superar los 55 dBA permitidos para horario diurno como lo muestra la Tabla 271.

**Tabla 271 Cálculo de la corrección por impulsos (KI), Estación 3**

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS				KI (dBA)	Leq KI	Percepción
		# Loc	LAS,T Dba	LAI,T Dba	Li			
<b>HORARIO DIURNO</b>								
Estación 3 - Festivo	16:02:43	S131	48.9	55.4	6.5	6.0	54.9	FUERTE
Estación 3 - habil	13:13:12	S128	50.0	51.9	1.9	0.0	50.0	NULA

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por tono y contenido de información KT**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto tres (3), se evidencia percepción Neta y fuerte de componentes tonales para el horario diurno, como se muestra en la Tabla 272.

En la estación tres (3) se presenta percepción fuerte de componentes tonales; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar seis (6) dBA. Se observa que los dos puntos son penalizados no superan la normatividad ambiental vigente, al no superar los 55 dBA permitidos para horario diurno.

**Tabla 272 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 3**

FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN dB(A)	
	3	3
20	0	0
25	0	0
31.5	3	0
40	0	0
50	0	0
63	6	0
80	0	0
100	0	0
125	6	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	0	0
500	0	3
630	0	0
800	0	0
1000	0	0
1250	0	0
1600	0	0
2000	0	0
2500	0	0
3150	0	0
4000	0	0
5000	0	0
6300	0	0
8000	0	0
10000	0	0
12500	0	0
16000	0	0
20000	0	0
<b>Leq kt</b>	<b>54.9</b>	<b>53.0</b>

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

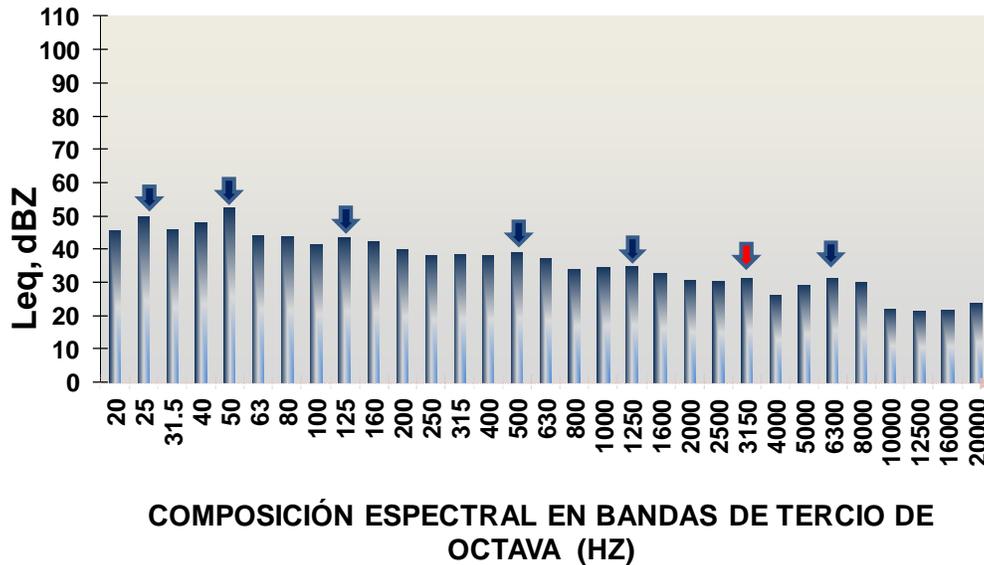
En las Figura 318 y Figura 319 se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

**Figura 318 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Figura 319 Identificación de componentes tonales en el día hábi, Estación 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Corrección por ciertas fuentes y situaciones Ks**

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

### Monitoreo nocturno

Para el monitoreo en horario nocturno se desarrolló el día 6 de agosto de 2013 a las 22:45 y finalizó a las 23:00 para el día festivo y 7 de agosto de 2013 a las 01:23 y finalizó a las 01:40 para el día hábil.

En horario diurno se observó que el monitoreo en el día hábil supera el límite de 45 dBA. En la Tabla 273. Se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno antes de las correcciones.

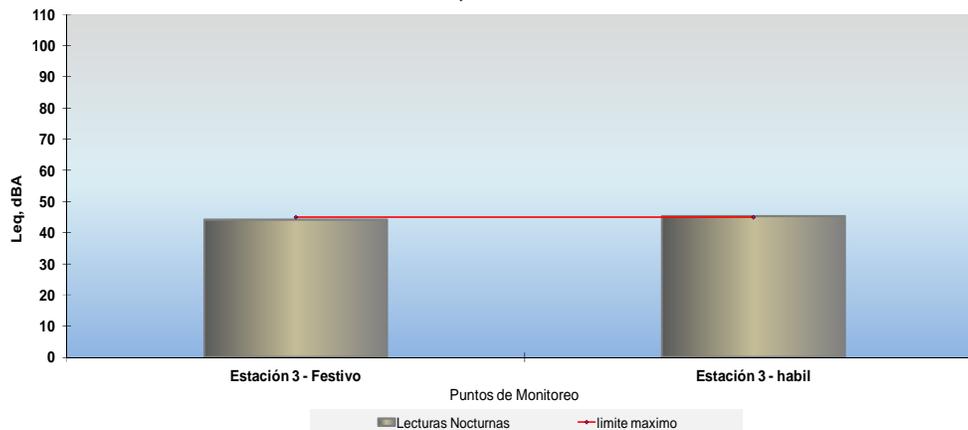
**Tabla 273 Resumen de las lecturas nocturnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 3**

Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
3	Estación 3 - Festivo	S129	44.2	62.5	33.2	33.8
3	Estación 3 - habil	S132	45.3	57.5	43.3	43.9

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la Figura 320 se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la estación tres (3) en horario nocturno en el área de estudio. En el monitoreo del día hábil se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 45,3 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos no superan lo estipulado en la norma (45 dBA).

**Figura 320 monitoreo de ruido nocturno, Estación 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por Impulso KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto tres (3), se evidencia componentes impulsivos neta para monitoreo, realizando la debida corrección a este punto se debe sumar tres (3) dBA, debido a este ajuste las lecturas superan la norma

ambiental vigente, al superar los 45 dBA permitidos para horario nocturno como lo muestra la Tabla 274.

**Tabla 274 Cálculo de la corrección por impulsos (KI) , Estación 3**

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS				KI (dBA)	Leq KI	Percepción
		# Loc	LAS,T Dba	LAI,T Dba	Li			
<b>HORARIO NOCTURNO</b>								
Estación 3 - Festivo	01:23:48	S129	44.2	48.0	3.8	3.0	47.2	NETA
Estación 3 - habil	22:45:13	S132	45.3	50.1	4.8	3.0	48.3	NETA

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### ***Corrección por tono y contenido de información KT***

Para el monitoreo de ruido ambiental nocturno realizado en el punto tres (3), se evidencia percepción Neta y fuerte de componentes tonales para el horario nocturno, como se muestra en la Tabla 275.

**Tabla 275 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 3**

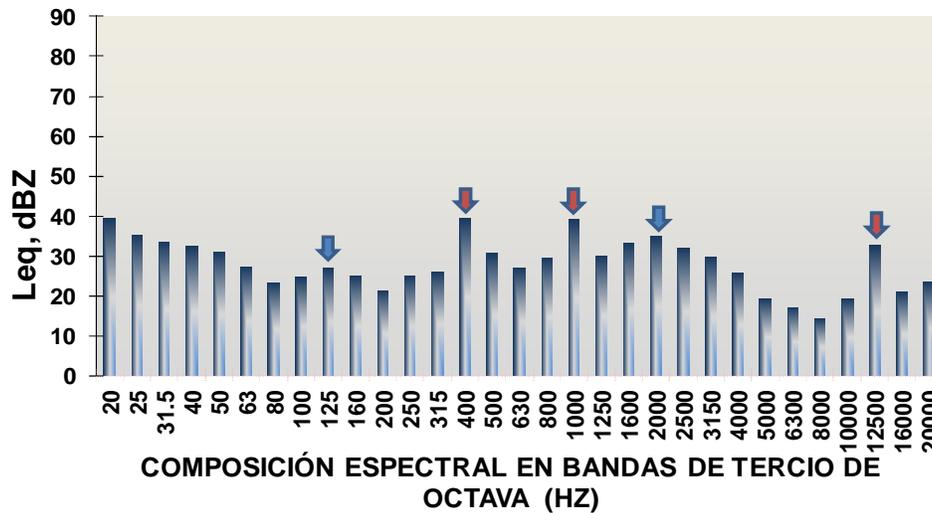
FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN dB(A)	
	3	3
20	0	0
25	0	0
31.5	0	0
40	0	0
50	0	0
63	0	3
80	0	0
100	0	0
125	0	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	6	0
500	0	0
630	0	0
800	0	0
1000	6	0
1250	0	0
1600	0	0
2000	0	0
2500	0	0
3150	0	0
4000	0	0
5000	0	0
6300	0	0
8000	0	0
10000	0	0
12500	6	0
16000	0	6
20000	0	0
<b>Leq kt</b>	<b>50.2</b>	<b>51.3</b>

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la estación tres (3) se presenta percepción fuerte de componentes tonales; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar seis (6) dBA. Se observa que los dos puntos son penalizados por este componente incumple la normatividad ambiental vigente, al superar los 45 dBA permitidos para horario nocturno.

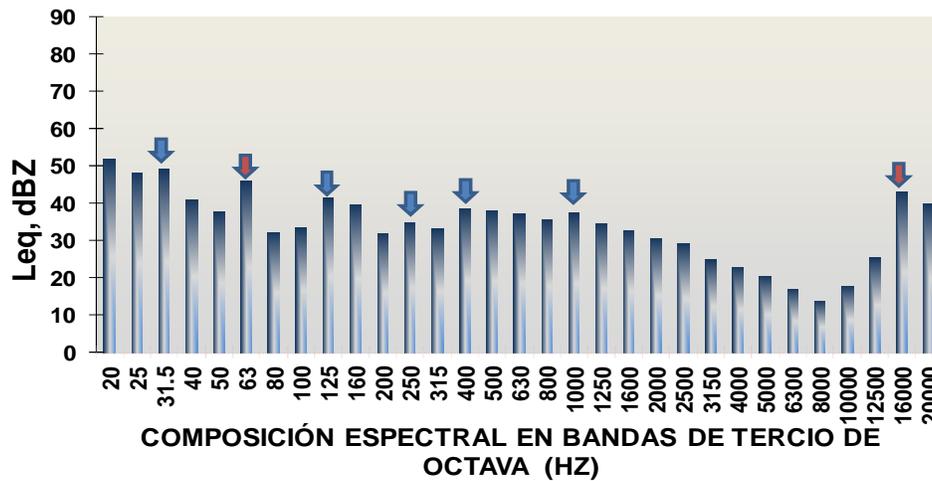
En la Figura 321 y Figura 322 se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

**Figura 321 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Figura 322 Identificación de componentes tonales en el día hábil, Estación 3**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

***Corrección por ciertas fuentes y situaciones Ks***

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

***Estación 4***

El monitoreo de ruido ambiental se ejecutó a una altura de 958 msnm, en el predio Los Almendros en el municipio de Candelaria.

### Monitoreo diurno

Para el monitoreo en horario diurno se ejecutó el día 28 de julio de 2013 a las 18:48 y finalizó a las 19:07 para el día festivo y 29 de julio de 2013 a las 23:29 y finalizó a las 23:45 para el día hábil.

En horario diurno se observó que no supera el límite de 55 dBA. En Tabla 276 se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno.

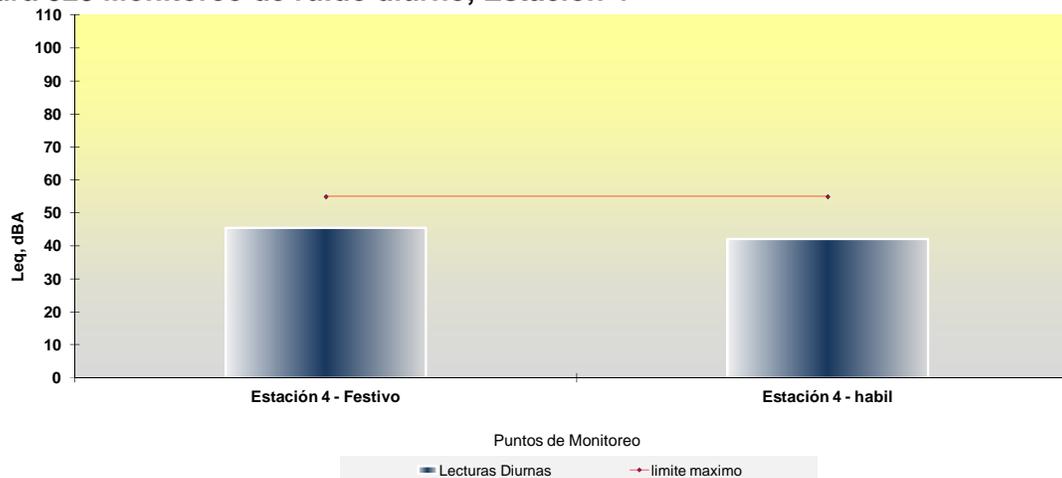
**Tabla 276 Resumen de las lecturas diurnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 4**

Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
4	Estación 4 - Festivo	S110	45.4	60.7	37.9	39.4
4	Estación 4 - habil	S113	42.1	57.8	35.0	36.8

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la Figura 323 se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la estación cuatro (4) en horario diurno en el área de estudio. En el monitoreo del día hábil se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 45,4 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos no superan lo estipulado en la norma (55 dBA).

**Figura 323 Monitoreo de ruido diurno, Estación 4**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por Impulso KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto cuatro (4), se evidencia componentes impulsivos fuerte para monitoreo en día festivo, realizando la debida corrección a este punto se debe sumar seis (6) dBA, Se observa que los puntos afectados

anteriormente cumplen la normatividad ambiental vigente, al no superar los 55 dBA permitidos para horario diurno como lo muestra Tabla 277.

**Tabla 277 Cálculo de la corrección por impulso (KI), Estación 4**

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS			KI (dBA)	Leq KI	Percepción	
		# Loc	LAS,T Dba	LAI,T Dba				Li
<b>HORARIO DIURNO</b>								
Estación 4 - Festivo	18:48:47	S110	45.4	51.9	6.5	6.0	51.4	FUERTE
Estación 4 - habil	23:29:53	S113	42.1	51.7	9.6	6.0	48.1	FUERTE

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### ***Corrección por tono y contenido de información KT***

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto cuatro (4), se evidencia percepción Neta de componentes tonales para el horario diurno, como se muestra en la Tabla 278.

**Tabla 278 Corrección por tono y contenido de información HT, Estación 4**

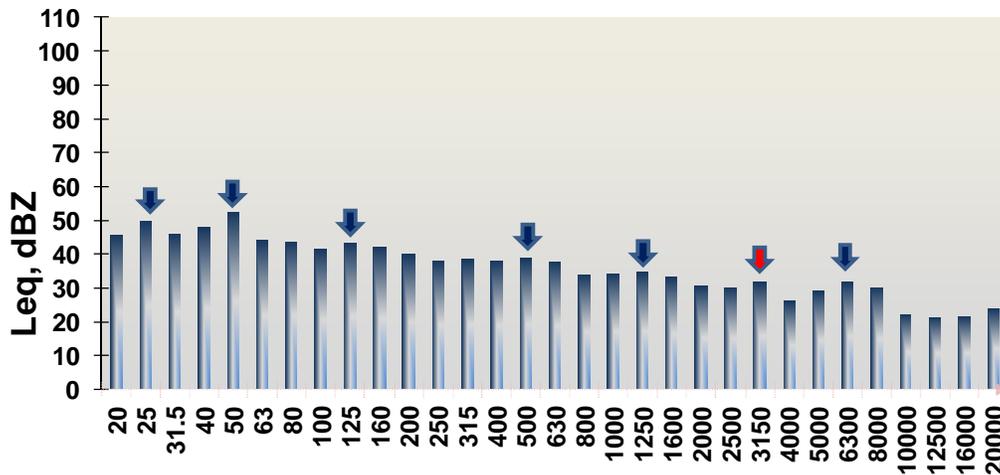
FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN dB(A)	
	4	4
20	0	0
25	0	0
31.5	0	0
40	0	0
50	0	0
63	0	0
80	0	0
100	0	0
125	0	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	0	0
500	0	0
630	0	0
800	0	0
1000	0	0
1250	0	0
1600	0	0
2000	0	0
2500	0	0
3150	3	0
4000	0	0
5000	0	0
6300	0	0
8000	3	0
10000	0	0
12500	0	0
16000	0	0
20000	0	0
<b>Leq kt</b>	<b>48.4</b>	<b>42.1</b>

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la estación cuatro (4) se presenta percepción fuerte de componentes tonales; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar seis (6) dBA. Se observa que el punto festivo es penalizado pero no supera la normatividad ambiental vigente de 55 dBA permitidos para horario diurno.

En la Figura 324 se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

**Figura 324 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 4**



**COMPOSICIÓN ESPECTRAL EN BANDAS DE TERCIO DE OCTAVA (HZ)**

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

***Corrección por ciertas fuentes y situaciones Ks***

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

*Monitoreo nocturno*

Para el monitoreo en horario nocturno se realizó el día 28 de julio de 2013 a las 21:14 y finalizó a las 21:31 para el día festivo y 30 de julio de 2013 a las 07:46 y finalizó a las 08:02 para el día hábil.

En horario nocturno se observó que supera el límite de 45 dBA. En la Tabla 279 se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno.

**Tabla 279 Resumen de las lecturas nocturnas del monitoreo discriminado por parámetro de medida, Estación 4**

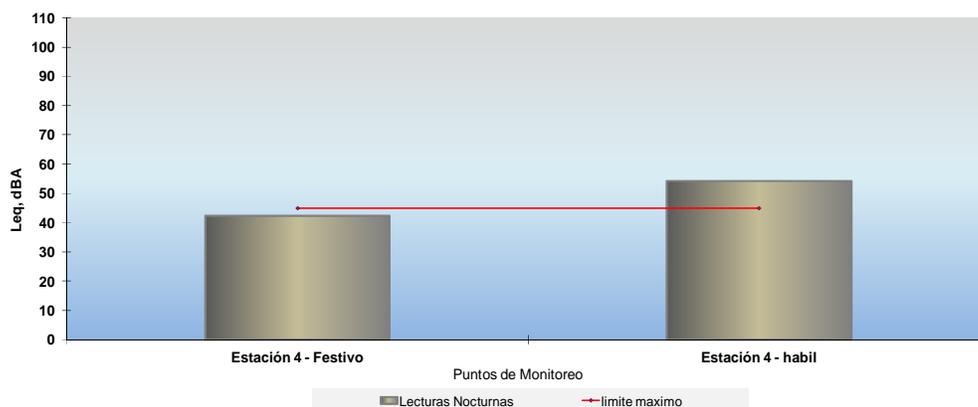
Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
4	Estación 4 - Festivo	S111	42.4	53.2	38.0	38.6
4	Estación 4 - habil	S116	54.2	61.5	53.4	53.7

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la Figura 325 se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la estación cuatro (4) en horario nocturno en el área de estudio. En el monitoreo del día hábil se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 54,2 dBA, este valor

se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos superan lo estipulado en la norma (45 dBA).

**Figura 325 Monitoreo de ruido nocturno, Estación 4**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por Impulso KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en el punto cuatro (4), se evidencia componentes impulsivos neta para monitoreo en día festivo, realizando la debida corrección a este punto se debe sumar tres (3) dBA, debido a este ajuste las lecturas superan la norma ambiental vigente, al superar los 45 dBA permitidos para horario nocturno como lo muestra la Tabla 280 .

**Tabla 280 Cálculo de la corrección por impulsos (KI), Estación 4**

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS				KI (dBA)	Leq KI	Percepción
		# Loc	LAS, T Dba	LAI, T Dba	Li			
<b>HORARIO NOCTURNO</b>								
Estación 4 - Festivo	21:14:54	S111	42.4	46.6	4.2	3.0	45.4	NETA
Estación 4 - habil	07:46:49	S116	54.2	55.4	1.2	0.0	54.2	NULA

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### **Corrección por tono y contenido de información KT**

Para el monitoreo de ruido ambiental nocturno realizado en el punto cuatro (4), se evidencia percepción Neta de componentes tonales para el horario nocturno, como se muestra en la Tabla 281

**Tabla 281 Corrección por tono y contenido de información KT, Estación 4**

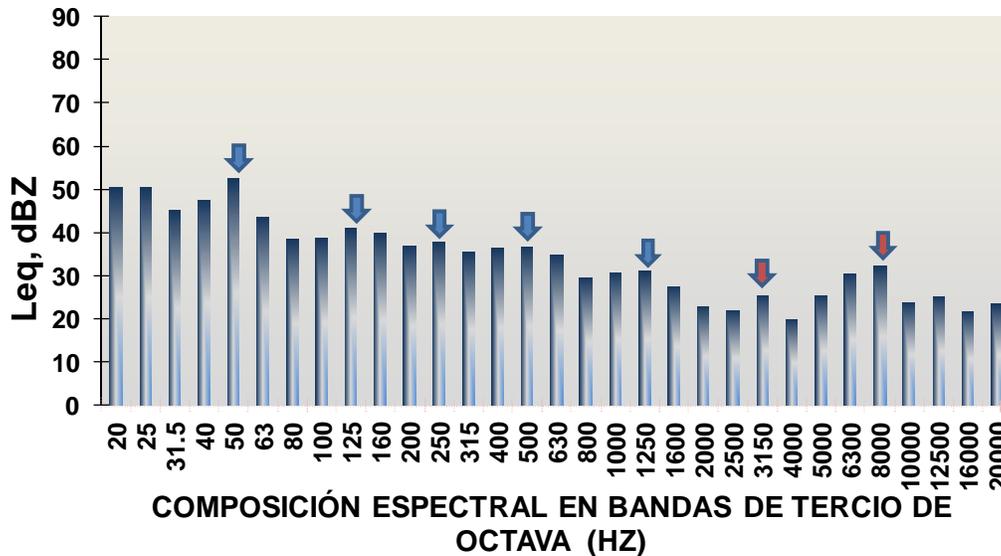
FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN dB(A)	
	4	4
20	0	0
25	0	0
31.5	0	0
40	0	0
50	0	0
63	0	0
80	0	0
100	0	0
125	0	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	0	0
500	0	0
630	0	0
800	0	0
1000	0	3
1250	0	0
1600	0	0
2000	0	0
2500	0	0
3150	3	0
4000	0	0
5000	0	0
6300	0	0
8000	6	0
10000	0	0
12500	0	0
16000	0	0
20000	0	0
<b>Leq kt</b>	<b>48.4</b>	<b>57.2</b>

Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

En la estación cuatro (4) se presenta percepción fuerte y neta de componentes tonales; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar seis (6) dBA y tres (3) dBA. Se observa que los dos puntos son penalizados por este componente incumplen la normatividad ambiental vigente, al superar los 45 dBA permitidos para horario nocturno.

En las Figura 326 y Figura 327 se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

**Figura 326 Identificación de componentes tonales en el día festivo, Estación 4**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Figura 327 Identificación de componentes tonales en el día hábil, Estación 4**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

**Corrección por ciertas fuentes y situaciones Ks**

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

### Estación 5, Herrera

El monitoreo de ruido ambiental se ejecutó a una altura de 1688 msnm, en el corregimiento de la Herrera en el predio El Edén, a 300 Metros al Suroriente de la carretera que va del casco urbano La Herrera al resguardo Las Mercedes.

#### Monitoreo Diurno

Para el monitoreo en horario diurno se ejecutó el día 8 de Diciembre 2013 a las 16:32 y finalizó a las 16:52 el día festivo y el 9 de Diciembre de 2013 a las 16:31 y finalizó a las 16:49 el día hábil.

En horario diurno se observa que no supera el límite de 55 dBA. En la Tabla 282 Se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno.

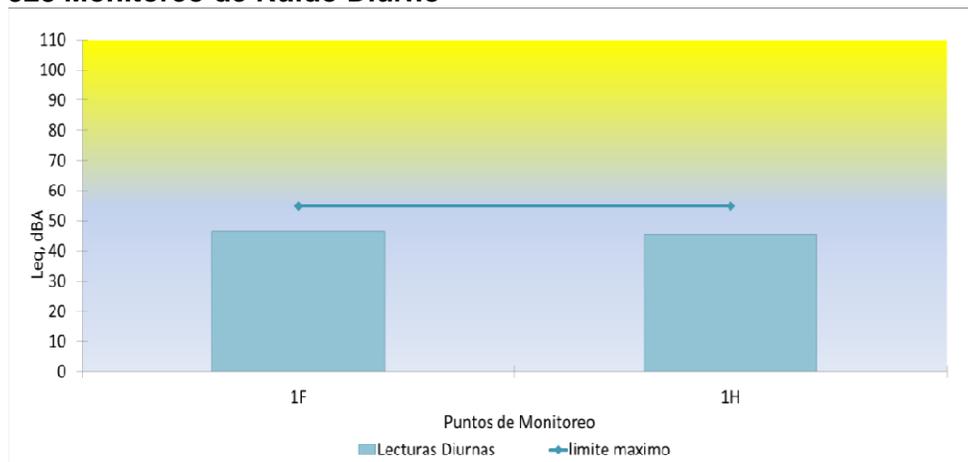
**Tabla 282 Resumen de las Lecturas de Monitoreo Discriminado por Parámetro de Medida**

Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA	Limite dBA
1F	Finca el Eden - día Festivo	S181	46,6	54,3	43,8	44,1	55,0
1H	Finca el Eden - día Hábil	S185	45,4	52,3	43,7	44,4	55,0

Fuente: CIMA

En la Figura 328 se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la Finca El Edén (1) en horario diurno en el área de estudio. En el monitoreo del día Festivo se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 46.6 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos no superan lo estipulado en la norma (55 dBA).

**Figura 328 Monitoreo de Ruido Diurno**



Fuente: CIMA

### **Corrección por Impulsos KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en la estación Finca el Edén (1), no se evidencia ***componentes impulsivos***, Se observa que los puntos afectados anteriormente cumplen la normatividad ambiental vigente, al no superar los 55 dBA permitidos para horario diurno como lo muestra la Tabla 283.

**Tabla 283** Calculo de la corrección por impulsos (KI).

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS			KI (dBA)	Leq KI	Percepción	
		# Loc	LAS,T dBa	LAI,T dBa				Li
HORARIO DIURNO								
1F	16:34:04	S181	46,6	49,0	2,4	0,0	46,6	NULA
1H	16:31:22	S185	45,4	47,1	1,7	0,0	45,4	NULA

Fuente: CIMA

### **Corrección por Tono y Contenido de Información KT**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en la Finca el Edén (1), se evidencia percepción Neta de componentes tonales para el horario diurno, como se muestra en la Tabla 284.

**Tabla 284 Corrección por Tono y Contenido de Información KT**

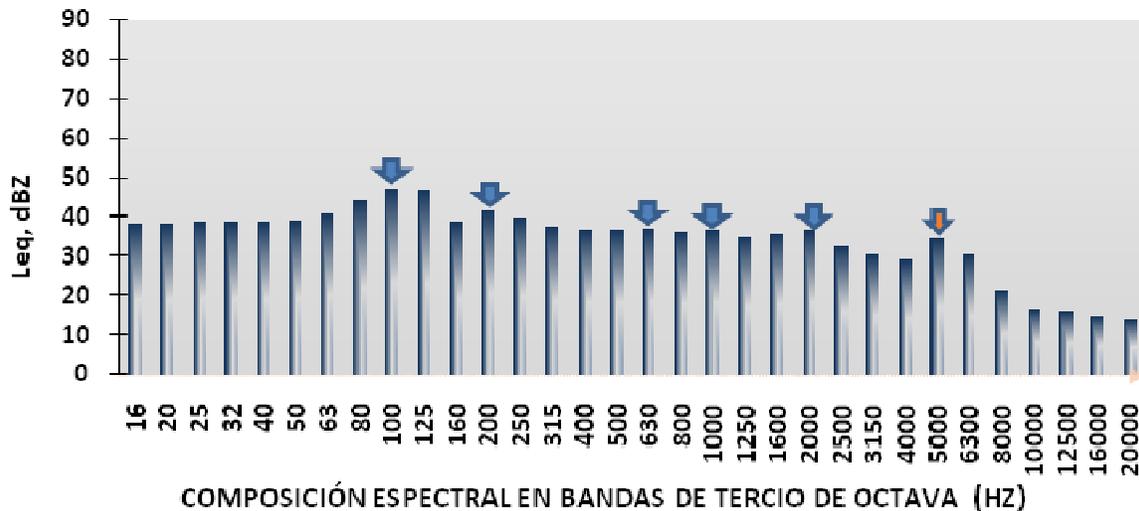
FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN dB(A)	
	1F	1H
20	0	0
25	0	0
31,5	0	0
40	0	0
50	0	0
63	0	0
80	0	0
100	0	0
125	0	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	0	0
500	0	0
630	0	0
800	0	0
1000	0	0
1250	0	0
1600	0	0
2000	0	0
2500	0	0
3150	0	0
4000	0	0
5000	3	3
6300	0	0
8000	0	0
10000	0	0
12500	0	0
16000	0	0
20000	0	0
<b>Leq kt</b>	<b>49,6</b>	<b>48,4</b>

Fuente: CIMA

En la finca el Edén (1) se presenta **percepción neta de componentes tonales**; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar tres (3) dBA. Se observa que los dos puntos son penalizados y no superan la normatividad ambiental vigente, al no superar los 55 dBA permitidos para horario diurno.

En las Figura 329 y Figura 330 Se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

**Figura 329 Identificación de componentes tonales día festivo**



Fuente: CIMA

**Figura 330 Identificación de componentes tonales día hábil**



Fuente: CIMA

***Corrección por Ciertas Fuentes y Situaciones Ks***

Dado que la Resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, determina el aporte de componentes a bajas frecuencias mediante el siguiente ajuste: “Si el ruido proviene de instalaciones de ventilación y climatización, a bajas frecuencias, se adicionan los siguientes valores a los niveles de presión sonora

continuo equivalente con filtro de ponderación A y respuesta lenta (S), LAeq, T 5 dB(A) en período diurno.

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

### Monitoreo Nocturno

Para el monitoreo en horario nocturno se ejecutó el día 8 de Diciembre de 2013 a las 21:09 y finalizó a las 21:28 para el día festivo y 9 Diciembre de 2013 a las 21:07 y finalizó a las 21:24 para el día hábil, en el Anexo 2 contenido en el Anexo C1-09-02 Informe Ruido se presenta el registro fotográfico de la actividad.

En horario nocturno se observa que no supera el límite de 45 dBA. En la Tabla 285 se presenta el resumen de los resultados, obtenidos para el monitoreo diurno.

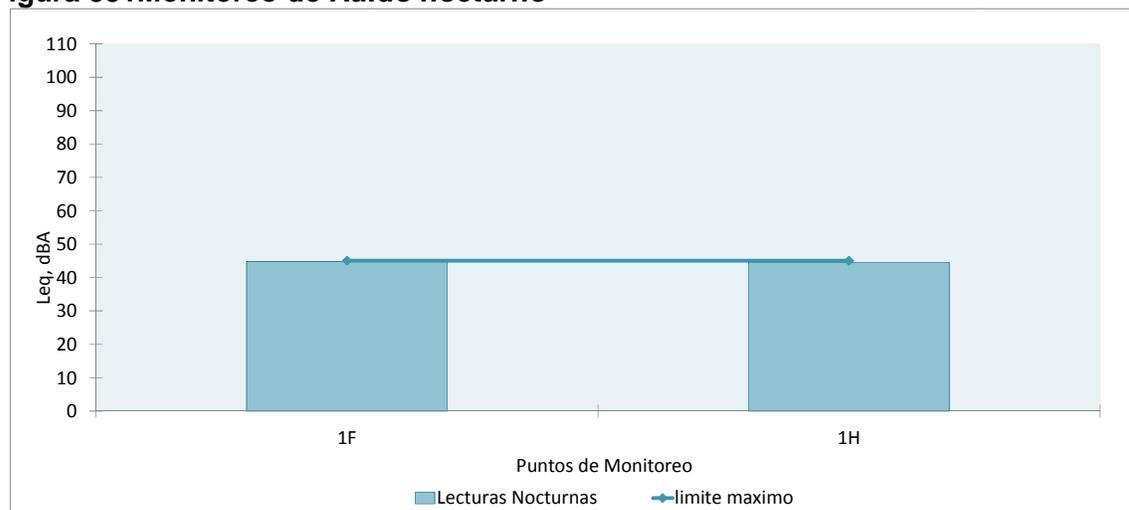
**Tabla 285 Resumen de las Lecturas de Monitoreo Discriminado por Parámetro de Medida**

Punto	Descripción del Punto	# Loc Quest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA	Limite dBA
1F	Finca el Eden - día Festivo	S183	44,8	59,3	43,9	44,2	45,0
1H	Finca el Eden - día Habil	S187	44,5	50,3	43,5	43,6	45,0

Fuente: CIMA

En la Figura 331 se ilustran los niveles de ruido ambiental de los monitoreos ejecutados en la Finca el Edén uno (1) en horario nocturno en el área de estudio. En el monitoreo del día hábil se encuentra el mayor nivel de ruido ambiental, con un valor de 44,8 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales, estos no superan lo estipulado en la norma (45 dBA).

**Figura 331 Monitoreo de Ruido nocturno**



Fuente: CIMA

### **Corrección por Impulsos KI**

Para el monitoreo de ruido ambiental diurno realizado en la Finca el Edén (1), no se evidencia **componentes impulsivos** para monitoreo, no se supera la norma ambiental vigente, de 45 dBA permitidos para horario nocturno como lo muestra la Tabla 286

**Tabla 286 Calculo de la corrección por impulsos (KI).**

PUNTO	HORA INICIO	PARÁMETROS				KI (dBA)	Leq KI	Percepción
		# Loc	LAS, T Dba	LAI, T Dba	Li			
<b>HORARIO NOCTURNO</b>								
1F	21:09:23	S183	44,8	47,6	2,8	0,0	44,8	NULA
1H	21:05:46	S187	44,5	45,3	0,8	0,0	44,5	NULA

Fuente: CIMA

### **Corrección por Tono y Contenido de Información KT**

Para el monitoreo de ruido ambiental nocturno realizado en la Finca el Edén (1), se evidencia percepción Neta de componentes tonales para el horario nocturno, como se muestra en la Tabla 287

**Tabla 287 Corrección por Tono y Contenido de Información KT**

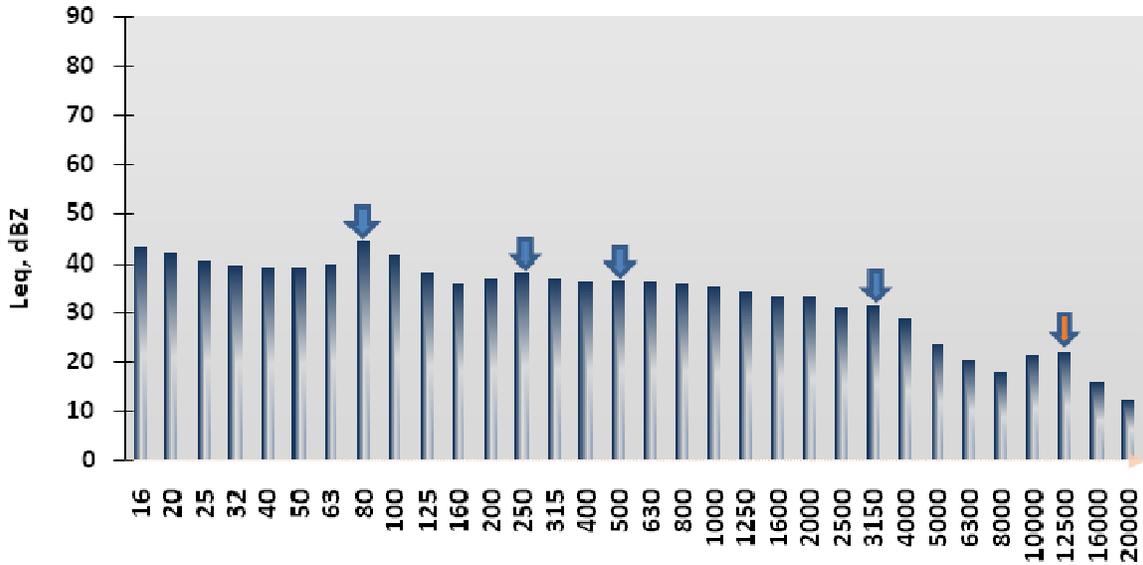
FRECUENCIA	PENALIZACIÓN POR PUNTO DE MEDICIÓN dB(A)	
	1F	1H
20	0	0
25	0	0
31,5	0	0
40	0	0
50	0	0
63	0	0
80	0	0
100	0	0
125	0	0
160	0	0
200	0	0
250	0	0
315	0	0
400	0	0
500	0	0
630	0	0
800	0	0
1000	0	0
1250	0	0
1600	0	0
2000	0	0
2500	0	0
3150	0	0
4000	0	0
5000	0	0
6300	0	0
8000	0	0
10000	0	0
12500	3	3
16000	0	0
20000	0	0
<b>LeB kt</b>	<b>47,8</b>	<b>47,5</b>

Fuente: CIMA

En la Finca el Edén (1) se presenta **percepción neta de componentes tonales**; realizando la debida corrección a este punto se deben sumar tres (3) dBA. Se observa que los dos puntos son penalizados por este componente incumple la normatividad ambiental vigente, al superar los 45 dBA permitidos para horario nocturno.

En las Figura 332 y Figura 333 se ilustran aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB (Z) para el horario nocturno, es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales.

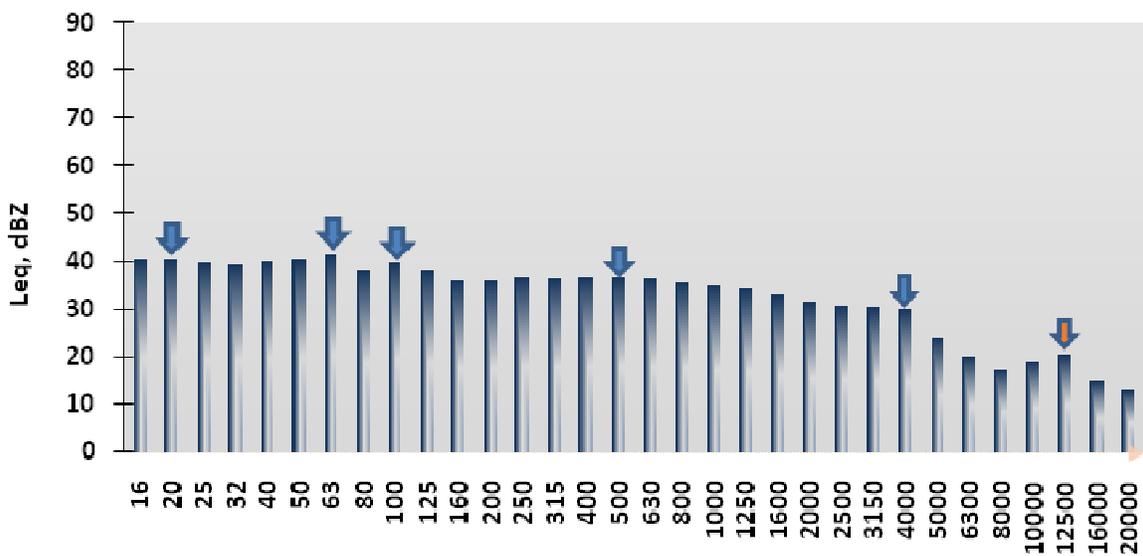
**Figura 332 Identificación de componentes tonales día festivo**



**COMPOSICIÓN ESPECTRAL EN BANDAS DE TERCIO DE OCTAVA (HZ)**

Fuente: CIMA

**Figura 333 Identificación de componentes tonales día hábil**



**COMPOSICIÓN ESPECTRAL EN BANDAS DE TERCIO DE OCTAVA (HZ)**

Fuente: CIMA

### ***Corrección por Ciertas Fuentes y Situaciones Ks***

Dado que la Resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, determina el aporte de componentes a bajas frecuencias mediante el siguiente ajuste: “Si el ruido proviene de instalaciones de ventilación y climatización, a bajas frecuencias, se adicionan los siguientes valores a los niveles de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A y respuesta lenta (S), LAeq, T 5 dB(A) en período nocturno.

Teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización asumimos que el valor de Ks es cero (0).

### ***Cálculo de correcciones total de las estaciones de monitoreo 1, 2, 3 y 4***

Todos los puntos monitoreados fueron objeto de penalizaciones, a continuación se presentaran las correcciones discriminadas por la estación de monitoreo las cuales fueron objeto del estudio en cada uno de los horarios evaluados.

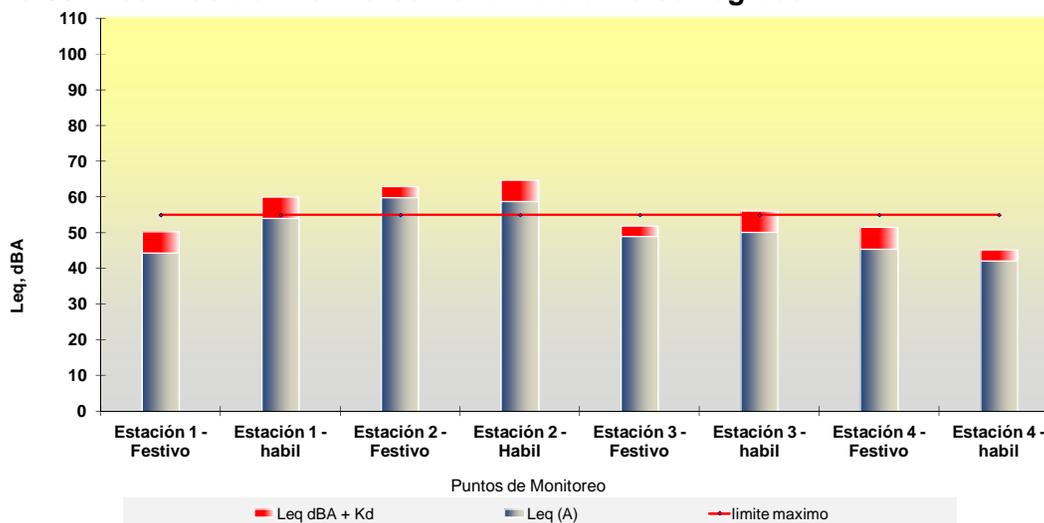
#### ***Horario diurno***

En horario diurno de las cuatro (4) estaciones, se observa que la totalidad de los puntos son afectados por presencia de componentes, solo cuatro (4) superan el límite de 55 dBA.

En Tabla 288 se presenta el resumen de los resultados en orden descendente, obtenidos para los monitoreo en horarios diurno en días festivos y hábiles.



**Figura 334 Lecturas del monitoreo de ruido diurno corregidos**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

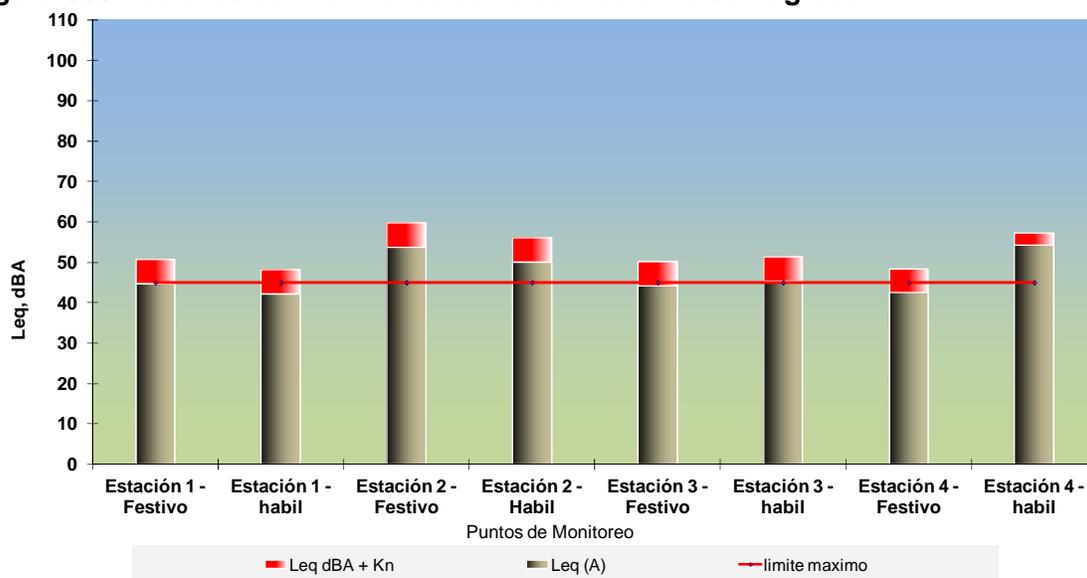
### Horario nocturno

En horario nocturno de las cuatro (4) estaciones, se observa que la totalidad de los puntos son afectados por presencia de componentes y superan el límite de 45 dBA.

En la Tabla 289 se presenta el resumen de los resultados en orden descendente, obtenidos para los monitoreo en horario nocturno en días festivos y hábiles.



**Figura 335 Lecturas del monitoreo de ruido nocturno corregidas**



Fuente: CIMA. Corporación Integral Del Medio Ambiente.

### ***Cálculo de correcciones total de la estación de monitoreo 5 La herrera Finca El Eden.***

Todos los puntos monitoreados fueron objeto de penalizaciones, a continuación se presentaran las correcciones discriminadas por la estación de monitoreo las cuales fueron objeto del estudio en cada uno de los horarios evaluados.

#### Horario Diurno

En horario diurno la estación Finca el Edén (1), se observa que la totalidad de los puntos son afectados por presencia de componentes, ninguno superando el límite de 55 dBA. En Tabla 290 se presenta el resumen de los resultados en orden descendente, obtenidos para los monitoreo en horarios diurno en días festivos y hábiles.

**Tabla 290 Descripción General del Punto de Monitoreo Corregido en Orden de Magnitud Descendente**

**DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PUNTOS DE MONITOREO CORREGIDOS EN ORDEN DE MAGNITUD DESCENDENTE**

**MONITOREO DIURNO**

<b>Total de Puntos</b>	2	<b>Punto</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Punto</b>	<b>Valor Máximo</b>
<b>Numero de Puntos Fuera de Norma</b>	0	1H	48,4	1F	49,6
<b>% de Puntos Fuera de Norma</b>	0,0%				
<b>Punto</b>	<b>L<sub>Aeq, d</sub> dBA</b>	<b>L<sub>RAeq, d</sub> dBA</b>	<b>% T</b>	<b>Descripción del punto</b>	
1F	46,6	49,6	-9,8%	Finca el Eden - día Festivo	
1H	45,4	48,4	-12,0%	Finca el Eden - día Festivo	

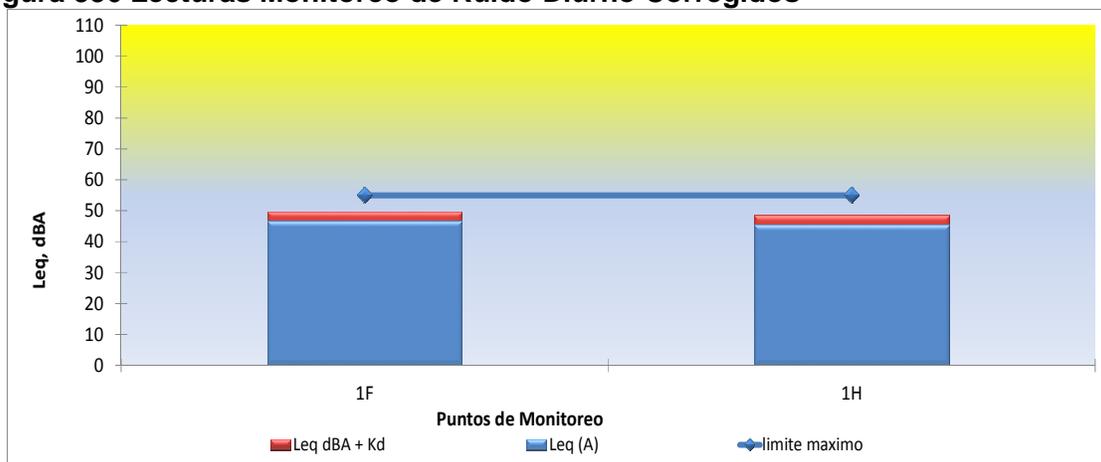
*T% Porcentaje de Transgresión de la normatividad, valores positivos indican sobrepaso del valor establecido*

Fuente: CIMA

En la Figura 336 se ilustran los niveles de ruido ambiental diurno registrados durante la jornada del monitoreo en la zona de estudio, el punto de mayor nivel de ruido ambiental es el día festivo con un valor de 49.6 dBA, encontrándose por debajo un 9.8 %, de lo estipulado en la norma (55 dBA). Las correcciones para los parámetros de medición se efectúan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$L_{RAeq,T} = L_{Aeq,T} + (K_I, K_T, K_S)$$

**Figura 336 Lecturas Monitoreo de Ruido Diurno Corregidos**



Fuente: CIMA

### Horario Nocturno

En horario nocturno la estación de la Finca el Edén, se observa que la totalidad de los puntos son afectados por presencia de componentes y superan el límite de 45 dBA. En la Tabla 291 se presenta el resumen de los resultados en orden descendente, obtenidos para los monitoreo en horario nocturno en días festivos y hábiles.

**Tabla 291 Descripción General de los Puntos de Monitoreo Corregidos en Orden de Magnitud Descendente**

#### MONITOREO NOCTURNO

Total de Puntos	2	Punto	Valor Mínimo	Punto	Valor Máximo
Numero de Puntos Fuera de Norma	2	1H	47,5	1F	47,8
% de Puntos Fuera de Norma	100,0%				
Punto	L <sub>Aeq, d</sub> dBA	L <sub>RAeq, d</sub> dBA	% T	Descripción del punto	
1F	44,8	47,8	6,2%	Finca el Eden - día Festivo	
1H	44,5	47,5	5,6%	Finca el Eden - día Habil	

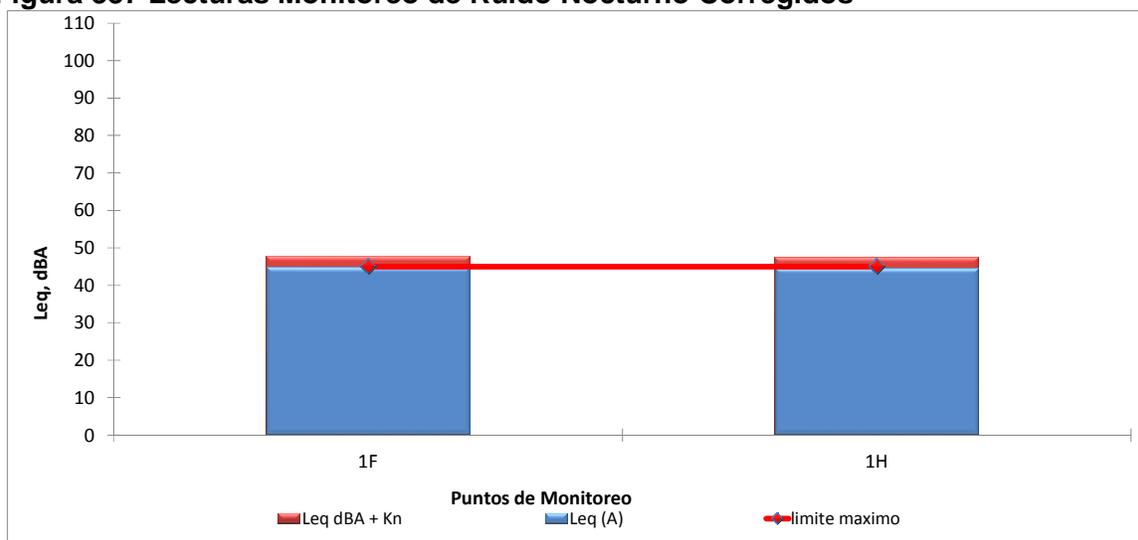
*T% Porcentaje de Transgresión de la normatividad, valores positivos indican sobrepaso del valor establecido*

Fuente: CIMA

En la Figura 337 se ilustran los niveles de ruido ambiental nocturno registrados durante la jornada del monitoreo en la zona de estudio, el punto de mayor nivel de ruido ambiental es del día festivo con un valor de 47.8 dBA, encontrándose por encima en un 6.2 %, a lo estipulado en la norma (45 dBA). Las correcciones para los parámetros de medición se efectúan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$L_{RAeq,T} = L_{Aeq,T} + (K_I, K_T, K_S)$$

**Figura 337 Lecturas Monitoreo de Ruido Nocturno Corregidos**



Fuente: CIMA.

## Conclusiones

De acuerdo con la información registrada del monitoreo de ruido en las estaciones seleccionadas para el proyecto "línea de transmisión tesalia-alférez 230 kv y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 - 2009". Se puede concluir que:

Para los monitoreos en las cinco (5) estaciones, se observa que de los diez (10) muestreos en horario diurno, cuatro (4) superan el límite de 55 dBA., establecido en la tabla 2 de la resolución 627 de 2006: Sector D.

La estación uno (1) ubicada en la vereda Varas Mesón, supero la norma para el monitoreo en horario diurno el día hábil con 55.9 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales (viento y animales).

La estación dos (2) ubicada a 20 Metros al nororiente del predio Villa Esperanza en el margen de la vía Gaitania - Planadas, supero la norma en el monitoreo en horario diurno los días festivo y hábil con 62.8 y 64.7 dBA, estos valores se atribuyen a fuentes de emisión naturales y al paso de vehículos en la zona.

La estación tres (3) ubicada a 20 m al suroccidente de la vivienda propiedad de Arsenio Osorio, margen derecho de la vía que va de planadas a la herrera. supero la norma para el monitoreo en horario diurno el día hábil con 56.0 dBA, esto valor se atribuye a fuentes de emisión naturales (viento y animales), el paso de vehículos por la vía es poco frecuente.

Para la estación cuatro (4) ubicada en el predio Los Almendros se cumplió en un 100% norma para los monitoreos en horario diurno los días festivo y hábil al no superar los 55 dBA, de acuerdo a lo establecido en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

La estación de la Finca el Edén (5) ubicada en el corregimiento de la Herrera, para el monitoreo en horario diurno el valor máximo, se presentó en el día hábil con 49.6 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales (viento y animales).

Para los monitoreos en las cinco (5) estaciones, se observa que los diez (10) muestreos superan el límite de 45 dBA establecidos para el horario nocturno. Este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales (viento y animales)

La estación uno (1) en el horario nocturno los días festivo y hábil superaron la norma con 50.7 y 48.2 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales.

La estación dos (2) en el horario nocturno los días festivo y hábil superaron la norma con 59.7 y 56.1 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales y al paso de vehículos en la zona.

La estación tres (3) en el horario nocturno los días festivo y hábil superaron la norma con 50.2 y 51.3 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales y al paso de vehículos en la zona.

La estación cuatro (4) en el horario nocturno los días festivo y hábil superaron la norma con 48.4 y 57.2 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales y al paso de vehículos en la zona.

La estación de la Finca el Edén (5) ubicada en el corregimiento de la Herrera, para el monitoreo en horario Nocturno el valor máximo, se presentó en el día Festivo con 47.8 dBA, este valor se atribuye a fuentes de emisión naturales (viento y animales).

El ruido ambiental promedio en horario diurno en el zona de estudio y su área de influencia presentó un nivel de 55.3 dBA, el promedio se encuentra por encima del límite de 55 dBA, de acuerdo a lo establecido en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

El ruido ambiental promedio para la Estación (5) Herrera en horario diurno en el zona de estudio y su área de influencia presentó un nivel de 49 dBA, el promedio se encuentra por debajo del límite de 55 dBA, de acuerdo a lo establecido en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

El ruido ambiental promedio en horario nocturno en el zona de estudio y su área de influencia presentó un nivel de 52.7 dBA, el cual supera el límite de 45 dBA, de acuerdo a lo establecido en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

El ruido ambiental promedio para la Estación (5) Herrera, en horario nocturno en el zona de estudio y su área de influencia presentó un nivel de 47.7 dBA, el cual supera el límite de 45 dBA, de acuerdo a lo establecido en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial

### 3.2.8 Zonificación Geotécnica

La zonificación geotécnica del área de influencia de la línea de transmisión, consiste en la división del terreno en zonas homogéneas en cuanto a las condiciones de estabilidad del terreno, que puedan afectar la construcción y operación del proyecto. En un ambiente SIG se definieron áreas con características similares en cuanto a litología, influencia estructural, geomorfología, hidrogeología, uso actual y cobertura vegetal del suelo, densidad de drenaje, susceptibilidad a eventos de inundación, pendientes, amenaza sísmica y precipitación.

El resultado final define categorías de amenaza geotécnica, permitiendo describir las condiciones existentes a lo largo de la zona del proyecto, de acuerdo con el esquema metodológico de la Figura 338, modificado de VARGAS, G (1999)133.

#### 3.2.8.1 Metodología

Recopilación, revisión y análisis de información existente. En esta etapa de trabajo se realizó el análisis de la información existente que se incorporó al modelo de análisis (información topográfica y temática).

Elaboración del mapa base digital. Empleando bases topográficas de planchas a escala 1:25.000 del IGAC, el grupo experto en SIG del proyecto, procedió a la digitalización de las diferentes coberturas: curvas de nivel, redes de drenaje, accesos y vías, zonas pobladas, entre otras variables.

Estudio de las variables geo ambientales o factores del terreno. Incluyó el análisis de las variables contempladas en el modelo como geología, geomorfología, hidrogeología, fallas, uso actual del suelo y cobertura vegetal, precipitación, susceptibilidad a inundación, sismicidad, pendientes y drenajes, de las cuales se obtuvieron los mapas de ponderación.

Implementación del SIG. Sobre el mapa base digital del área de estudio se digitalizó la información temática georreferenciada con bases de datos y atributos de cada unidad cartográfica de parámetro. Los mapas a incorporar tienen topología de línea (por ej. fallas y drenajes) y polígonos (unidades cartográficas temáticas).

Evaluación de variables. Con base en las características del área de interés, de la densidad y calidad de los datos, se evaluó la información obtenida y se estableció el

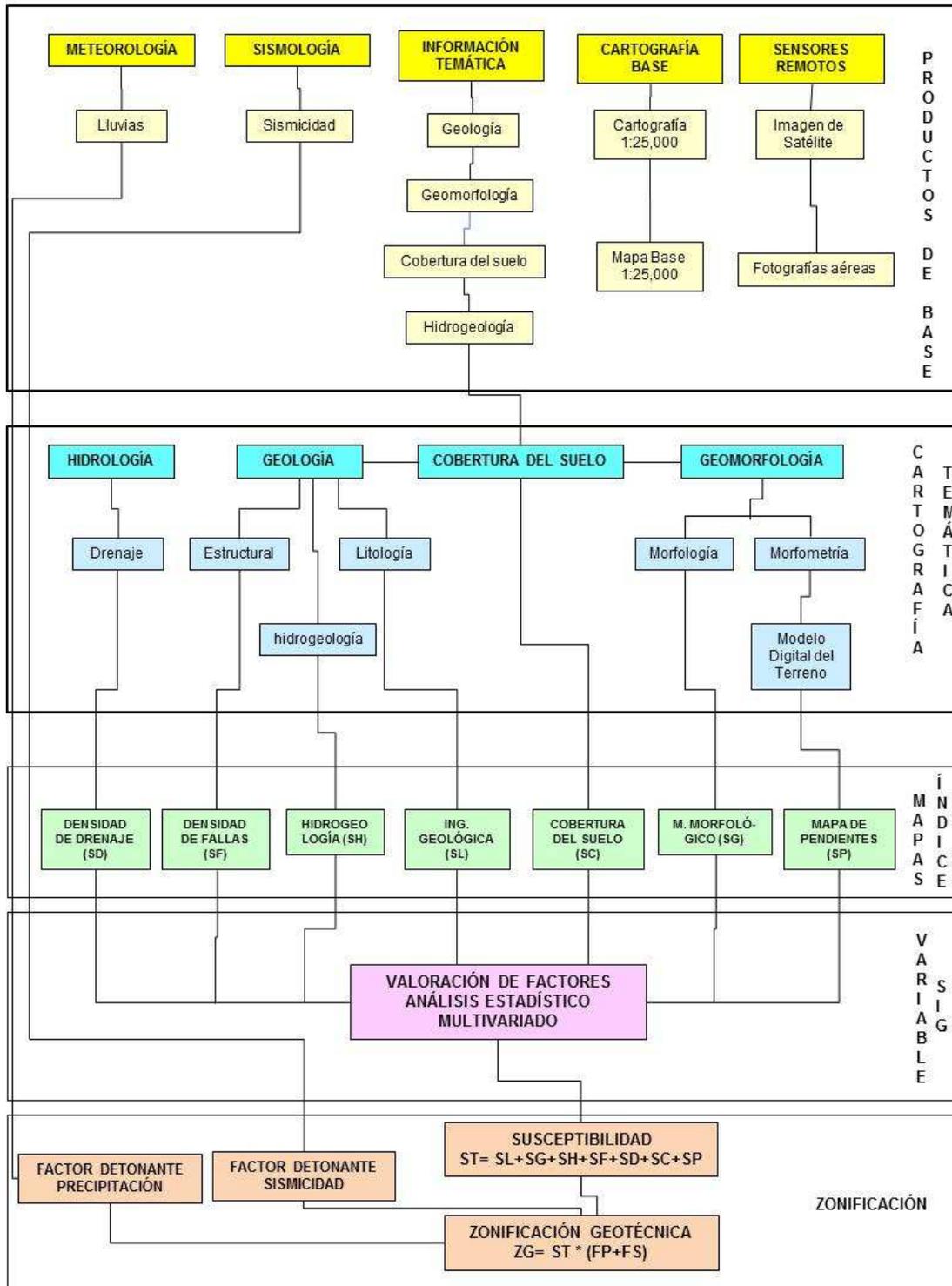
---

133Estudio geoambiental y zonificación de amenazas por erosión y remoción en masa en la cuenca del río Teusacá. Sabana de Bogotá. Colombia. X Jornadas geotécnicas de la Ingeniería. Sociedad Colombiana de Ingenieros, Santa Fé de Bogotá, D.C., Noviembre de 1999.

método más conveniente para el análisis y determinación de la ponderación de las variables hacia la estabilidad geotécnica.

Modelación de la susceptibilidad. Con base en la calificación semi cuantitativa de las unidades cartográficas de parámetro (UCP), se realizó la modelación multivariada de las variables en función de la susceptibilidad para la obtención de la zonificación geotécnica. La susceptibilidad es el grado de propensión de un terreno a generar uno o varios fenómenos amenazantes. Su principal característica es que es definida a partir del estudio y evaluación de los factores intrínsecos del terreno.

**Figura 338 Diagrama metodológico para la obtención de la zonificación geotécnica**



Fuente: Modificado de Vargas, G (1.999)

- **Modelación de variables**

En esta etapa se realizó una valoración independiente de cada una de las variables de análisis, para establecer la susceptibilidad al desarrollo de procesos de remoción en masa, de acuerdo a criterios geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos y topográficos.

El análisis de las variables geo ambientales se realizó con base en un criterio semi cuantitativo, donde se asignó a cada unidad de parámetro un valor o ponderación de susceptibilidad en una escala de 1 a 5, como se presenta en la Tabla 292.

**Tabla 292 Categorías y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables**

Categoría de susceptibilidad	Ponderación
Muy baja	1
Baja	2
Moderada	3
Alta	4
Muy alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Zonificación de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa (PRM)**

La evaluación de susceptibilidad a PRM se realizó mediante un análisis estadístico multivariado, en el cual son sumados digitalmente los nueve mapas de susceptibilidad temática, que representan los factores intrínsecos que condicionan la estabilidad geotécnica del terreno. Este procedimiento se realizó mediante la utilización de la herramienta informática (ArcGis10), utilizando el siguiente algoritmo:

$$ST = SL + SF + SG + SP + SH + SS + SD$$

Donde:

- ST = Susceptibilidad del terreno a los PRM.
- SL = Susceptibilidad del parámetro litología.
- SF = Susceptibilidad del parámetro densidad de falla.
- SG = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.
- SP = Susceptibilidad del parámetro pendiente del terreno.
- SH = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.
- SS = Susceptibilidad del parámetro cobertura del suelo.
- SD = Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.

Teniendo en cuenta que existen siete (7) variables de análisis, los valores sumatorios de la imagen resultante estarían entre 17 y 24, por lo cual se establecen los siguientes intervalos para la categorización del mapa de susceptibilidad general del terreno a los procesos de remoción en masa, como se muestra a continuación en la Tabla 293.

**Tabla 293 Categorías y valores de Susceptibilidad a PRM**

Categorías y valores de Susceptibilidad a PRM		
Ponderación	Peso	Susceptibilidad a PRM
< 17	1	Muy baja
17-19	2	Baja
19 - 21	3	Moderada
21 - 24	4	Alta
> 24	5	Muy alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Zonificación Geotécnica**

Con base en la interacción de los factores intrínsecos y los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de los procesos de remoción en masa, se establece la amenaza relativa del terreno. Para la elaboración del mapa de zonificación geotécnica se emplearon como factores detonantes la precipitación y la amenaza sísmica, utilizando el siguiente algoritmo:

$$ZG=ST * (FP + FS)$$

Donde:

ZG = Zonificación Geotécnica (Amenaza relativa del terreno por PRM).

ST = Susceptibilidad total del terreno a los PRM.

FP = Factor detonante por precipitación.

FS = Factor detonante por sismicidad.

Al aplicar esta metodología en el área de influencia del proyecto, se dividió el territorio en cinco categorías de amenaza geotécnica que van desde muy alta a muy baja (IA, IB, II, IIIA y IIIB) y corresponden a la agrupación de zonas homogéneas de los factores evaluados (Tabla 294).

**Tabla 294 Categorías de Amenaza relativa del terreno por PRM**

Categorías de amenaza Geotécnica		Ponderación
Muy baja	IIIB	1
Baja	IIIA	2
Moderada	II	3
Alta	IB	4
Muy alta	IA	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Como resultado se establecieron las áreas de mayor y menor amenaza geotécnica, con la descripción de las características litológicas, geomorfológicas, control estructural, de

pendientes, hidrogeológicas, densidad de drenaje y de cobertura del suelo, de cada una de ellas.

Estas unidades resultantes contienen también recomendaciones generales, en cuanto a uso del suelo y la conservación de aquellas coberturas que se consideren importantes para la estabilidad de los taludes.

### 3.2.8.2 Modelación De Variables

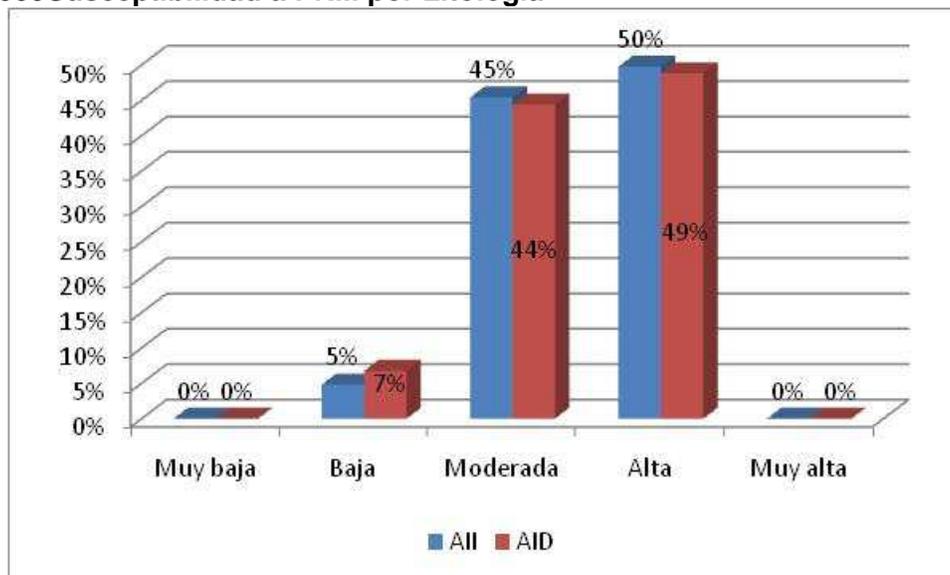
- **Litología**

Es uno de los principales factores a considerar en la determinación de la estabilidad, debido a que la génesis, composición y estructura de las rocas, incide en la susceptibilidad del terreno a la meteorización y desarrollo de procesos erosivos y/o fenómenos de remoción en masa.

Para el caso de la zona de estudio, se asignó el valor de susceptibilidad Alta (4) a depósitos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias con predominio de estratos blandos; se calificaron como rocas de menor susceptibilidad (2), a rocas volcánicas ácidas, sedimentarias con predominio de areniscas y rocas competentes, y rocas metamórficas, compactas, tipo anfibolitas y neises (Tabla 295).

En la Figura 339 se muestra que el 50% del AII (15.058 ha) y el 49% del AID (354 ha), se ubica en terrenos de susceptibilidad alta susceptibilidad a PRM y el 45% del AII y 44% del AID, en terrenos de susceptibilidad moderada.

**Figura 339 Susceptibilidad a PRM por Litología**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

La Figura 340 presenta el mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa para el área de influencia del proyecto, de acuerdo con la sectorización por litología.

**Tabla 295 Susceptibilidad a PRM por litología**

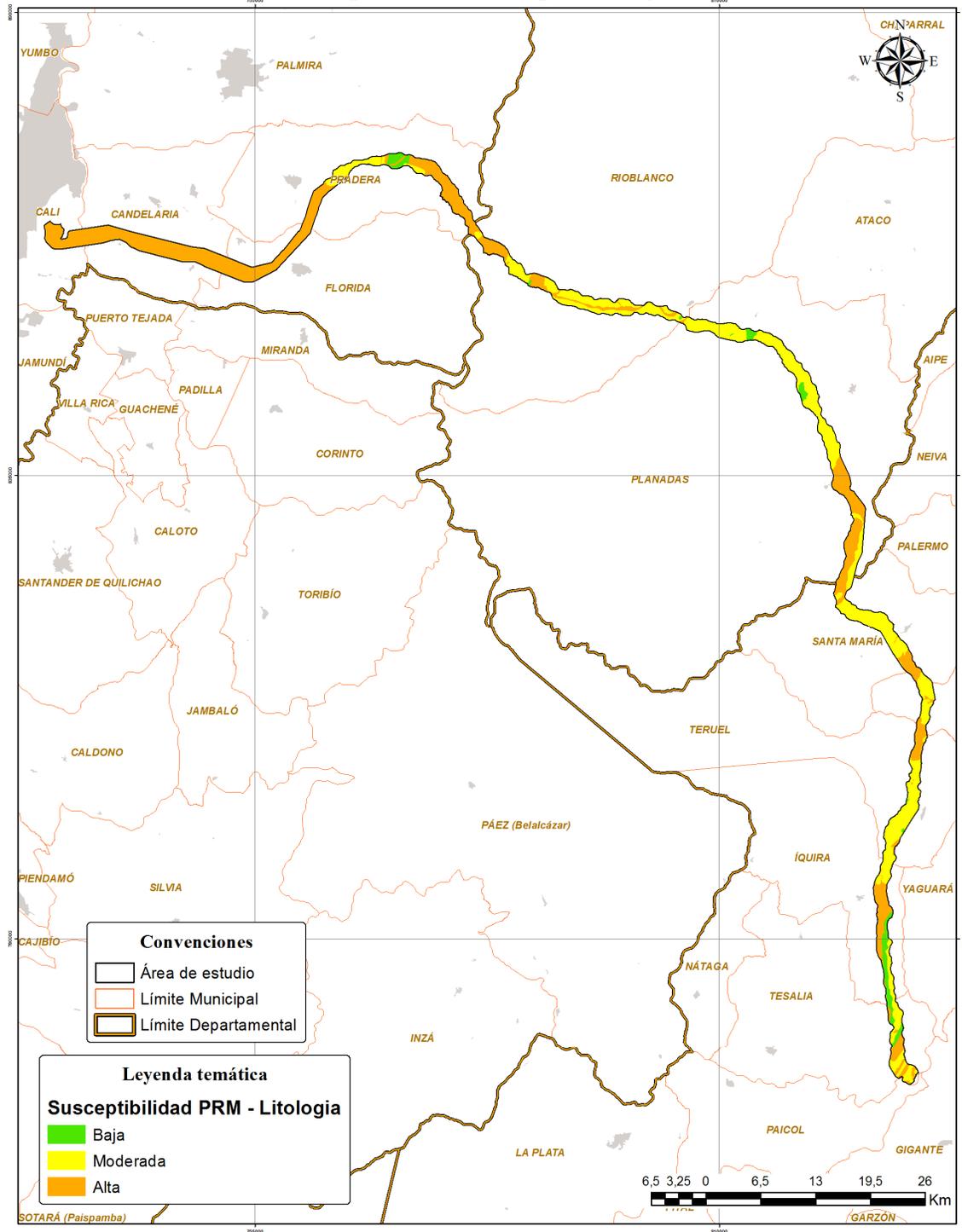
		<b>Símbolo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Calific.</b>	<b>Justificación</b>
CENOZOICO	CUATERNARIO	Qal1	Depósitos aluviales	4	Depósitos cuaternarios que por ser no consolidados a poco consolidados, y su textura porosa y muy permeable, son susceptibles a la acción de agentes erosivos.
		Qal	Depósitos aluviales	4	Depósitos cuaternarios que por ser no consolidados a poco consolidados, y su textura porosa y muy permeable, son susceptibles a la acción de agentes erosivos.
		Qt	Depósitos de terrazas aluviales	3	Depósitos que presentan mayor susceptibilidad a erosión y FRM en sus taludes, pero mayor estabilidad en el resto de su extensión.
		Qc	Depósitos coluviales	4	Depósitos cuaternarios que por ser no consolidados a poco consolidados, y su textura porosa y muy permeable, son susceptibles a la acción de agentes erosivos.
		Qca/Qaa	Conos aluviales / Abanicos aluviales	4	Depósitos cuaternarios que por ser no consolidados a poco consolidados, y su textura porosa y muy permeable, son susceptibles a la acción de agentes erosivos.
		Qtp	Terrazas pumíticas	3	Depósitos que presentan mayor susceptibilidad a erosión y FRM en sus taludes.
		Qfg	Depósitos glaciales y fluvioglaciares	4	Depósitos cuaternarios que por ser no consolidados a poco consolidados, y su textura porosa y muy permeable, son susceptibles a la acción de agentes erosivos.
		Qcag	Cono aluvial de Gaitania	4	Depósitos cuaternarios que por ser no consolidados a poco consolidados, y su textura porosa y muy permeable, son susceptibles a la acción de agentes erosivos.
	NEÓGENO	Qjer	Depósito de Jerusalén	4	Depósitos cuaternarios que por ser no consolidados a poco consolidados, y su textura porosa y muy permeable, son susceptibles a la acción de agentes erosivos.
		Tad	Rocas Hipoabisales	2	Rocas ácidas, compactas; se estima que sean resistentes a la meteorización y por consiguiente son de mayor resistencia a procesos erosivos.
		Ngh	Grupo Honda	3	Rocas estratificadas de composición dominante de areniscas; susceptible a erosión en surcos y cárcavas.
	PALEÓGENO	PgNgd	Formación Doima	3	Rocas conglomeráticas, compactas pero susceptibles al desarrollo de eriales y erosión en surcos y cárcavas.
		Pgpo	Formación Potrerillo	4	Rocas interestratificadas con predominio de estratos blandos y poco competentes, susceptibles erosión en surcos y cárcavas.
		Pgt	Formación Tesalia	3	Rocas conglomeráticas, compactas pero susceptibles al desarrollo de eriales y erosión en surcos y cárcavas.
		Pgb	Formación Baché	4	Rocas interestratificadas con predominio de estratos blandos y poco competentes, susceptibles erosión en surcos y cárcavas.

		<b>Símbolo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Calific.</b>	<b>Justificación</b>	
		Pgp	Formación Palermo	3	Rocas sedimentarias con grado de compactación moderado, que combinado con la composición silícea de muchos de sus componentes le otorga una ligera mayor resistencia a ser afectado por agentes erosivos y meteorización.	
MESOZOICO	CRETÁCEO	KPgs	Formación Seca	4	Rocas sedimentarias de naturaleza arcillosa, caracterizados morfológicamente como una unidad de carácter blando, y grado bajo a medio de compactación y resistencia, pese a su permeabilidad presentan alta susceptibilidad al desarrollo de procesos erosivos.	
		Ko-Kt	Grupo Olini - Formación La Tabla	2	Rocas con predominio de material competente y resistente a la meteorización, con desarrollo de fuertes y resistentes frentes estructurales. Resistente a la meteorización y desarrollo de procesos erosivos. Puede desarrollar deslizamientos en contrapendientes estructurales.	
		Kh-Kl	Formación Hondita - Formación Loma Gorda	3	Rocas sedimentarias con predominio de estratos blandos tipo lodolitas y calizas.	
		Krsqb	Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco	4	Rocas poco competentes, susceptibles a erosión en surcos y cárcavas.	
		Kc	Formación Caballos	2	Rocas competentes con desarrollo de laderas estructurales, resistentes a la meteorización.	
		Ki	Rocas intrusivas	3	Rocas ácidas y máficas, intrusivas; susceptibles de meteorización química y desarrollo de erosión en surcos, cárcavas.	
		Kiba	Complejo Barroso - Amaime	3	Rocas masivas, volcánicas, máficas. Susceptibles de meteorización química, y en consecuencia de erosión en surcos y cárcavas.	
		JURÁSICO	Ji	Batolito de Ibagué	3	Rocas intrusivas; susceptibles de meteorización química y desarrollo de erosión en surcos, cárcavas.
			PTRcd	Batolito de Santa Bárbara	3	Rocas intrusivas; susceptibles de meteorización química y desarrollo de erosión en surcos, cárcavas.
			Js	Formación Saldaña	4	Rocas volcano sedimentarias, estratificadas en capas de ceniza volcánica, tobas, areniscas tobáceas.
		TRIÁSICO	Trp	Formación Payandé	4	Rocas sedimentarias de estratos blandos, susceptibles a procesos erosivos.

		<b>Símbolo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Calific.</b>	<b>Justificación</b>
PALEOZOICO	PALEOZOICO	Pzb	Grupo Bugalagrande	4	Rocas metamórficas, esquistosas, susceptibles a deslizamientos planares.
		PZmc	Complejo Cajamarca	4	Rocas metamórficas, esquistosas, susceptibles a deslizamientos planares.
PRECÁMBRICO	PRECÁMBRICO	Pzba	Complejo Bolo Azul	2	Rocas metamórficas, de estructura masiva a néisica, compactas; resistentes a la meteorización.
		PEa	Complejo Aleluya	2	Rocas metamórficas compactas, resistentes a la meteorización.
		PCAi	Complejo Icarcó	2	Rocas metamórficas compactas, resistentes a la meteorización.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

**Figura 340 Susceptibilidad a PRM por litología**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Geomorfología**

La calificación de susceptibilidad por geomorfología, se infiere sobre la base de dos factores que favorecen la remoción, los cuales corresponden a la topografía, entendida como la pendiente del terreno y los aspectos edáficos, representados por los procesos erosivos de los suelos que se presentan de forma generalizada o focalizada.

La remoción en masa incluye de forma integral un conjunto de factores adicionales que favorecen su generación, los cuales están relacionados con la naturaleza de los materiales, clima y vegetación; no son tenidos en cuenta para esta calificación de susceptibilidad desde esta perspectiva, pero implícitamente son evaluados desde otras temáticas que entran en concurso para la zonificación.

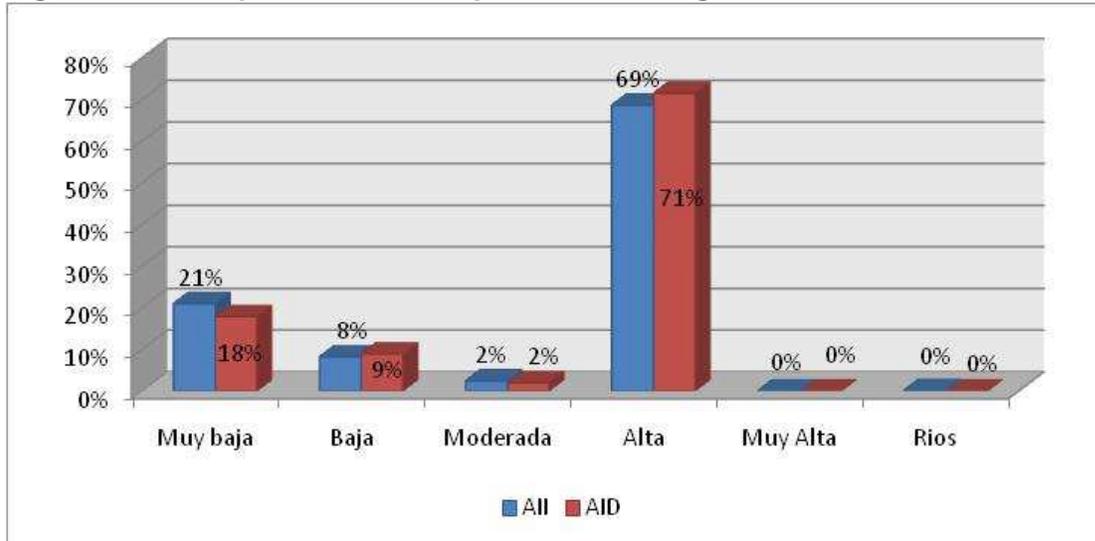
Con base en lo anterior y sobre la base de los dos factores caracterizados en las unidades geomorfológicas (pendiente del terreno y erosión), se estableció la susceptibilidad del área de influencia del proyecto frente a los procesos de remoción en masa.

Las unidades geomorfológicas calificadas de muy baja susceptibilidad corresponden a relieves planos a ligeramente planos principalmente, sin presencia de procesos erosivos o con grado de erosión ligero, mientras que las zonas con mayor susceptibilidad, corresponden a las unidades de relieves moderados a fuertemente escarpados, con procesos erosivos de mayor intensidad.

En la Tabla 296 presenta la calificación de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, de acuerdo con las unidades geomorfológicas en el área de influencia del proyecto.

El 69% (20.719 ha) del AII y 71% (517 ha) es de susceptibilidad alta, el 21% (6.320 ha) del AII y 18% (129 ha) del AID es muy baja; el 8% (2.459 ha) del AII y 9% (64 ha) del AID, es Baja, Figura 341. La Figura 342 presenta el mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa para el área de influencia del proyecto, de acuerdo con la sectorización por unidades geomorfológicas.

**Figura 341 Susceptibilidad a PRM por Geomorfología**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

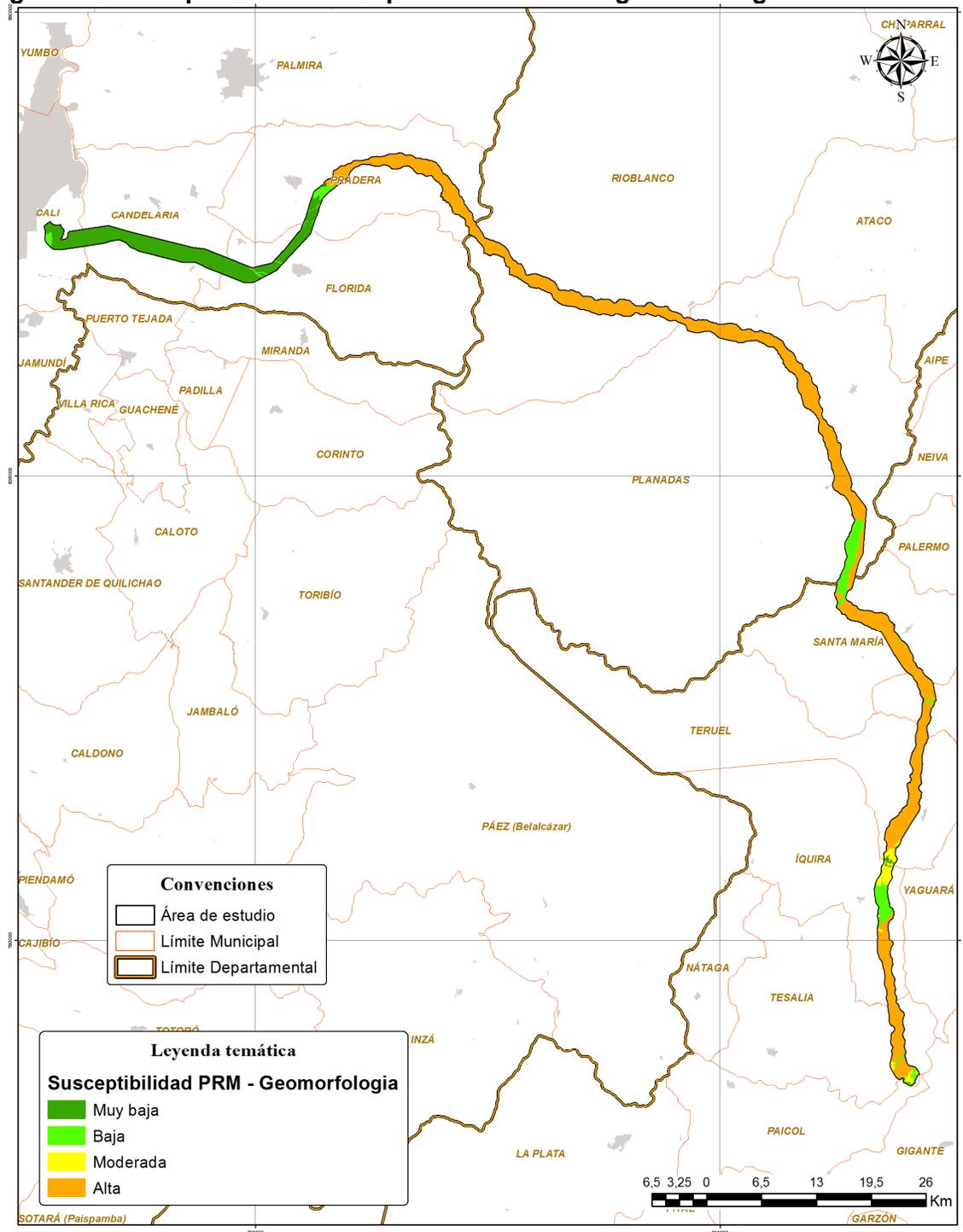
**Tabla 296 Susceptibilidad a PRM por características geomorfológicas**

Símbolo		Susceptibilidad
LS12-62d	3	Terrenos en rocas blandas, de baja altura y pendientes suaves; con erosión en surcos.
LS20-62d	3	Terrenos de pendientes suaves, en material no consolidado, de susceptibilidad moderada a erosión
LS21-89d	1	Terrenos planos a fuertemente inclinados, estables.
MS1-62f	4	Laderas de un relieve de montañas, con pendientes escarpadas, susceptible a deslizamientos y erosión en surcos
MS7-110d,e,f	4	Laderas de fuerte pendiente, en rocas deleznales y de alta susceptibilidad a erosión en surcos y cárcavas
MS7-111e,f	4	Laderas de fuerte pendiente, en rocas deleznales y de alta susceptibilidad a erosión en surcos y cárcavas
MS34-62e,f	4	Laderas de pendiente, fuertemente quebrada, en roca; afectadas en alto grado por pisadas de ganado y terracetos.
MS14-110d	3	Terrenos en rocas blandas, de baja altura y pendientes suaves; con erosión superficial.
MS14-62e	3	Terrenos en rocas blandas, de baja altura y pendientes suaves; con erosión superficial.
MS35-110d	3	Terrenos en roca, de baja altura y pendientes suaves.
MS36-62d,e	3	Terrenos en roca, de baja altura y pendientes fuertemente quebradas, no se observan procesos erosivos significativos.
MS15-62d,e,f,g	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas a escarpadas.
MS44-62d	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas, bajo índice de relieve; no presenta procesos erosivos significativos.
MÑ34-62d,e,f,g	4	Terrenos en roca, de pendientes fuertemente quebradas a muy escarpadas, alto índice de relieve; afectado en alto grado por erosión en pisadas de ganado y terracetos.
MH45-103d,e	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas a fuertemente quebradas; apariencia estable.
MH41-89e,f	4	Terrenos en material no consolidado, sobre pendientes escarpadas susceptibles del desarrollo de movimientos en masa
MH17-62 c,e,f,g	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes escarpadas.
MH28-62e	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas.
MN5-63e,f,g	4	Terrenos en roca, de pendientes muy escarpadas, alto índice de relieve; susceptible a erosión y movimientos en masa.
MN15-62e	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas.
MN44-62e	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas.
MN44-103d,e	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas.
PA44-103a,b,d	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes planas a fuertemente inclinadas; apariencia estable.
PA2-62b,d,e	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes moderadamente inclinadas; apariencia estable.
PA2-37a, b,c	1	Terrenos en material no consolidado, de pendientes planas a ligeramente planas; apariencia estable.
PA5-62b	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes moderadamente inclinadas; apariencia estable.
PX28-62d	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas a fuertemente quebradas.

Símbolo	Susceptibilidad	
VA28-103c,d	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas; no se observan procesos erosivos significativos
VA28-105a,c,d	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes moderada a fuertemente inclinadas; no se observan procesos erosivos significativos.
VA8-89d	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas; no se observan procesos erosivos significativos.
VA4-104a	1	Terrenos en material no consolidado, de pendientes planas a ligeramente planas; no se observan procesos erosivos significativos.
VA4-67a	1	Terrenos en material no consolidado, de pendientes planas a ligeramente planas; no se observan procesos erosivos significativos.
Ríos	NA	No aplica

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

**Figura 342 Susceptibilidad a PRM por características geomorfológicas**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Hidrogeología**

Las diferentes unidades hidrogeológicas se agrupan conformando unidades de roca de acuerdo con su productividad, capacidad para almacenar y transmitir aguas subterráneas y valorar la posible afectación del recurso hídrico subterráneo, frente a las actividades que se deriven de la construcción y operación de la línea de transmisión Tesalia – Alférez 230 kV y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 – 2.009.

De acuerdo con la clasificación de las unidades de roca frente al comportamiento hidrogeológico, se consideran los siguientes tipos:

**Acuíferos:** Estrato o formación geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua por sus poros y/o grietas. Dentro de estas formaciones podemos encontrar materiales muy variados como gravas, calizas fracturadas, areniscas porosas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas. Estas unidades son económicamente explotables.

**Acuicludos:** Formación geológica que conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos de arcillas de cualquier origen.

**Acuitardos:** Formación geológica que conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, pero sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante en ciertos casos.

**Acuifugos:** Aquellas formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo un macizo granítico que no esté fisurado o unas rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación, estos se consideran impermeables.

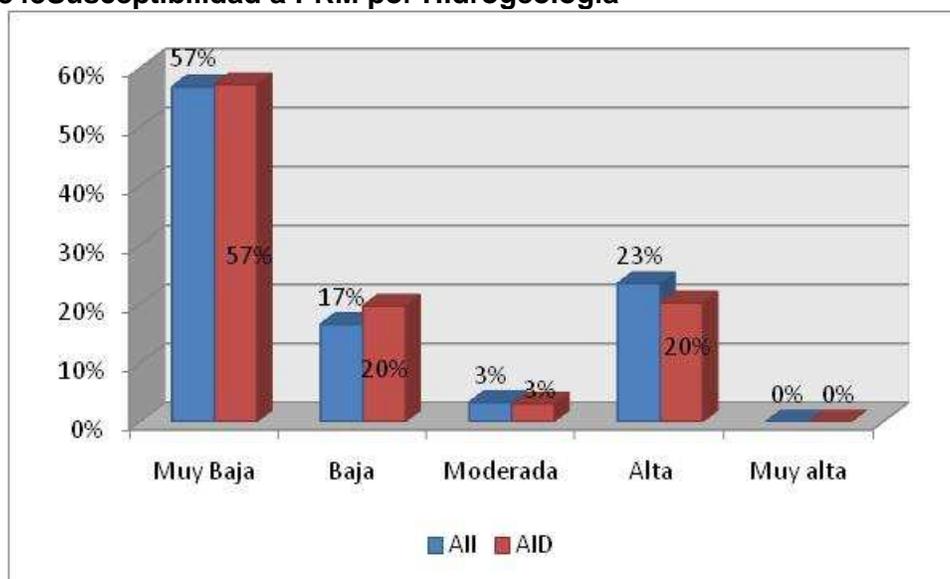
La valoración del componente hidrogeológico (Tabla 297) busca establecer las unidades presentes en la zona de interés, siguiendo la valoración de las unidades desde el punto de vista de su capacidad para almacenar agua subterránea, según la metodología desarrollada por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, AIH, y aplicada al Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia (INGEOMINAS, escala 1:500.000), y su susceptibilidad a los procesos degradacionales de los taludes que limitan la estabilidad geotécnica.

La mayor susceptibilidad se presenta en depósitos Cuaternarios, relacionados con acuíferos de alta productividad, dado que son inconsolidados y en general tienen niveles de la tabla alta, especialmente en las márgenes de los drenajes. En estos sitios, los materiales están expuestos a una alta saturación en periodos lluviosos y algunos sedimentos especialmente arcillas, tienden a expandirse y en periodos secos tienden a contraerse, de tal manera que la inestabilidad se manifiesta en desplomes laterales y también por socavación por la acción fluvial.

Los acuíferos relacionados con las rocas Terciarias como el Grupo Honda, asociados en acuíferos de mediana productividad, pueden ser medianamente susceptibles en los sitios donde se presentan manantiales, que pueden saturar puntualmente las rocas y generar fenómenos de inestabilidad. Acuíferos Terciarios relacionados con la Formación Potrerillo que conforma un acuitardo, fueron considerados de baja susceptibilidad frente a los procesos de remoción en masa.

La Figura 343 muestra que el 73% (22.170 ha) del AII y 77% (556 ha) del AID, son de muy baja y baja susceptibilidad a PRM por la variable hidrogeología, el 23% (7.090 ha) del AII y 20% (146 ha) del AID es alta, y el 3% (986 ha) del AII y AID (22 ha) es Moderada.

**Figura 343 Susceptibilidad a PRM por Hidrogeología**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

La Figura 344 presenta el mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa para el área de influencia del proyecto, de acuerdo con la sectorización por aspectos hidrogeológicos.

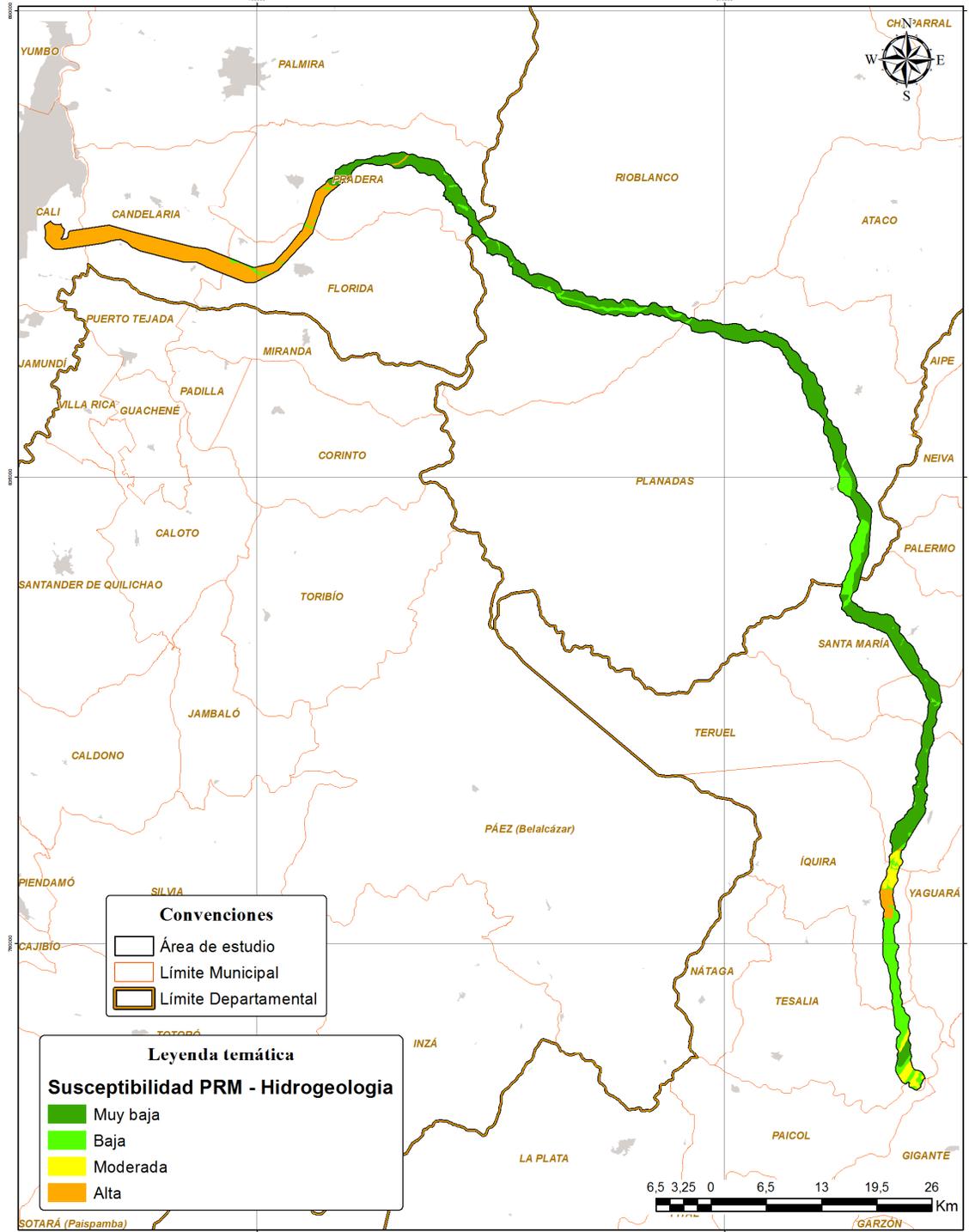
**Tabla 297 Susceptibilidad a PRM por aspectos hidrogeológicos**

Sistema de Acuífero	Características de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas		Ponderación
<b>SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO INTERGRANULAR</b>				
Acuíferos de Alta productividad Capacidad específica entre 2.0 y 5.0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional, depositados en un ambiente fluvial, conformados por sedimentos Cuaternarios de baja consolidación y depósitos Cuaternarios inconsolidados. Desarrollan acuíferos de tipo libre, semiconfinado a confinado. Aguas recomendables para cualquier uso.	Qal(1)	Depósitos Aluviales del río Cauca	4
		Qca/Qaa	Conos aluviales / Abanicos antiguos	
Acuíferos de Mediana productividad Capacidad específica entre 1.0 y 2.0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional, conformados por rocas Terciarias consolidadas, de ambiente fluvial. Acuíferos de tipo libre y confinado. Aguas recomendables para cualquier uso.	Ngh	Grupo Honda	3
		PgNgd	Formación Doima	
		Pgt	Miembro Tesalia	
		Pgb	Miembro Baché	
Acuíferos de Baja productividad Capacidad específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local, conformados por sedimentos Cuaternarios no consolidados, rocas Terciarias de baja a moderada consolidación de ambiente volcánico, fluvio-volcánico, fluvial, coluvioaluvial, fluvio glaciario y marino. Conforman acuíferos de tipo libre, confinado y semiconfinado. Almacenan aguas dulces, recomendables para cualquier uso.	Qal/Qt	Depósitos aluviales, terrazas bajas	2
		Qtp	Terrazas pumíticas	
		Qcag	Cono aluvial de Gaitania	
		Qfg	Depósitos glaciares y fluvio-glaciares	
		Qjer	Depósito de Jerusalén	
		Qc/Qd	Depósitos coluviales	
<b>ROCAS CON FLUJO A TRAVÉS DE FRACTURAS (ROCAS FRACTURADAS Y/O CARSTIFICADAS)</b>				
Acuíferos de mediana productividad Capacidad específica entre 1.0 y 2.0 l/s/m	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión semiregional a regional, conformado por rocas sedimentarias clásticas de edad cretácica, depositadas en ambiente marino. Acuíferos generalmente confinados. Aguas recomendables para cualquier uso.	Kc	Formación Caballos	3
Acuíferos de baja productividad Capacidad	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a regional, conformados por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas, de edades Cretácico, Triásico y	Krsqb	Rocas Sedimentarias de la Quebrada Barranco	2
		Ko-Kt	Grupo Olini - Formación La Tabla	

Sistema de Acuífero	Características de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas		Ponderación
<b>SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO INTERGRANULAR</b>				
específica entre 0.05 y 1.0 l/s/m	Paleozoico, consolidadas, de ambiente marino. Acuíferos generalmente de tipo confinado. Aguas recomendadas para cualquier uso.	Kt	Formación La Tabla	
		Trp	Formación Payandé	
		PEa	Complejo Aleluya	
<b>SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>				
Acuitardos Acuíferos con muy baja productividad Capacidad específica <0.05 l/s/m	Complejo de rocas lutíticas de edad Cretácica y Terciaria, de origen marino a transicional y continental, consolidadas; rocas Terciarias poco consolidadas de origen marino, transicional y continental; depósitos Cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres y fluviolacustres. Se comportan básicamente como acuitardos.	Pgpo	Formación Potrerillo	2
		KPgs	Formación Seca	
		Kh-Kl	Formación Hondita - Formación Loma Gorda	
Acuífugos Acuíferos con muy baja productividad capacidad específica <0.05 l/s/m.	Complejo de rocas ígneas, metamórficas, volcánicas muy compactas y en ocasiones fracturadas, de edades Precámbrico, Paleozoico, Jura - triásico Cretácico y Neógeno. Se comportan básicamente como acuífugos	Tad	Rocas Hipoabisales	1
		Ki	Rocas intrusivas	
		Kiba	Complejo Barroso - Amaime	
		Ji	Batolito de Ibagué	
		PTRcd	Batolito de Santa Bárbara	
		Js	Formación Saldaña	
		Pzb	Grupo Bugalagrande	
		PZmc	Complejo Cajamarca	
Pzba	Complejo Bolo Azul			
PCAi	Complejo Icarcó			

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

**Figura 344 Susceptibilidad a PRM por aspectos hidrogeológicos**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

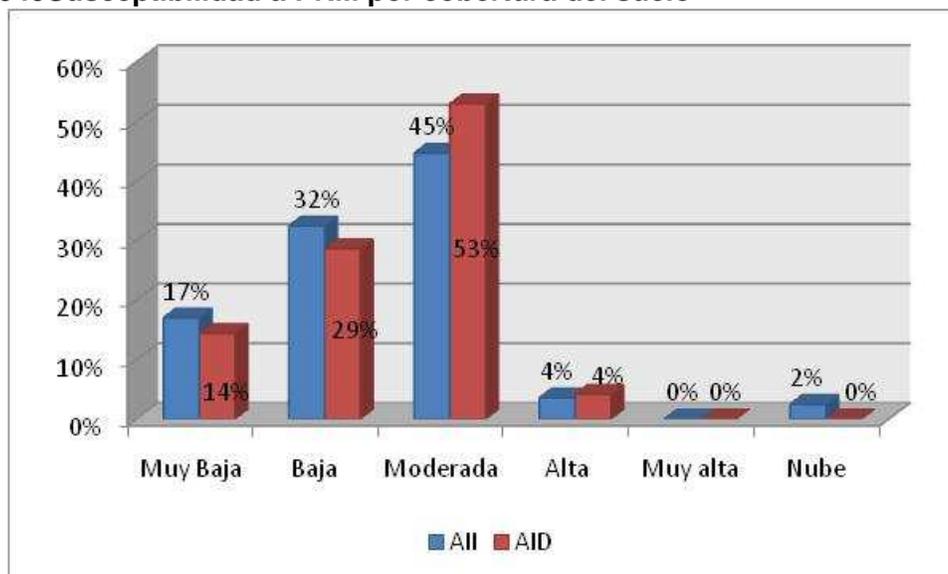
- **Cobertura del suelo**

Las coberturas vegetales son elementos naturales de protección del suelo contra la erosión; según Roldan (2.005; citado por Lianes, 2.008), la vegetación juega un papel muy importante en el proceso de erosión hídrica, pues controla la energía de las gotas de lluvia, mejora la capacidad de infiltración del suelo y disminuye la escorrentía. Los componentes aéreos como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento, de esta manera, su efecto es menor que si actuaran directamente sobre el suelo. De igual forma, los componentes subterráneos, como los sistemas radiculares, contribuyen a la resistencia mecánica del suelo (Morgan, 1.997; citado por Lianes, 2.008); de este modo, la cantidad y calidad de la cobertura vegetal (protección vertical) disminuye notablemente los procesos erosivos (Marchamalo, 2.004; citado por Lianes, 2.008).

Por lo anterior, zonas que presentan coberturas de bosques y vegetación secundaria alta, presentan menor susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa, que otras coberturas de la tierra como pastos limpios o tierras desnudas y degradadas, que no cuentan con vegetación que sirva de capa protectora o amortiguadora entre la atmosfera y el suelo (Tabla 298).

El 45% (13.498 ha) del AII y 53% (383 ha) del AID se ubica en terrenos de susceptibilidad moderada; el 49% (14.936 ha) del AII y 43% (311 ha) del AID son de baja y Muy Baja susceptibilidad; solo el 4%, 1.072 ha del AII y 30 ha del AID, fueron clasificados de alta susceptibilidad a PRM (Figura 345).

**Figura 345** Susceptibilidad a PRM por cobertura del suelo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

**Tabla 298** Susceptibilidad a PRM por cobertura del suelo

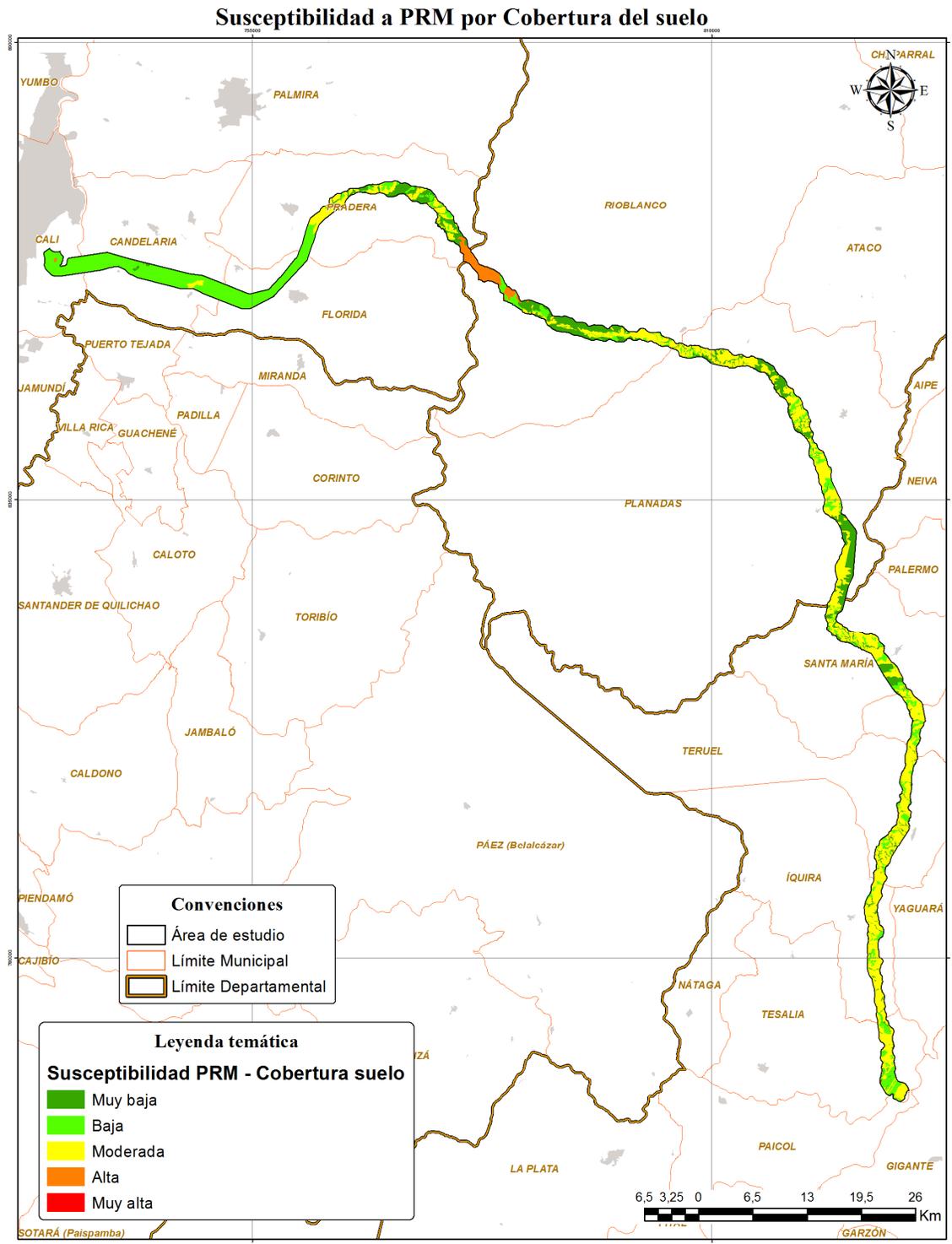
Cobertura del suelo	Código	Ponderación
---------------------	--------	-------------

<b>Cobertura del suelo</b>	<b>Código</b>	<b>Ponderación</b>
Arbustal abierto	3.2.2.2	2
Arbustal denso	3.2.2.1	2
Bosque de galería y/o ripario	3.1.4	1
Bosque denso	3.1.1	1
Bosque fragmentado	3.1.3	2
Cacao	2.2.2.3	2
Café	2.2.2.2	3
Caña	2.2.1.2	2
Cereales	2.1.2	3
Cultivos permanentes arbustivos	2.2.2	2
Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	3
Mosaico de cultivos	2.4.1	3
Mosaico de cultivos y espacios naturales	2.4.5	2
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.4.3	3
Mosaico de pastos con espacios naturales	2.4.4	3
Mosaico de pastos y cultivos	2.4.2	3
Nube	9.9.9	-
Pastos arbolados	2.3.2	3
Pastos enmalezados	2.3.3	3
Pastos limpios	2.3.1	3
Plantación forestal	3.1.5	2
Ríos (ancho de cauce >50 m)	5.1.1	2
Tejido urbano discontinuo	1.1.2	4
Tierras desnudas y degradadas	3.3.3	5
Vegetación de páramo y subpáramo	3.2.4	4
Vegetación secundaria o en transición alta	3.2.3.1	2
Vegetación secundaria o en transición baja	3.2.3.2	2

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

En la Figura 346 se presenta el mapa de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa por cobertura del suelo.

**Figura 346 Susceptibilidad a PRM por cobertura del suelo**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Densidad de fallas o Control estructural**

El estado de fracturación de las rocas depende de la presencia y magnitud de las fallas geológicas, fracturas y sistemas de diaclasamiento, las cuales, permiten en los macizos rocosos el desarrollo de procesos de meteorización de las rocas, y desarrollo de zonas de debilidad de las mismas, que las hacen más susceptibles a fallamiento e inestabilización del terreno.

Para la calificación en el análisis de susceptibilidad, se consideraron los rasgos estructurales que afectan la zona de estudio reportados en la cartografía de INGEOMINAS. La calificación se estableció dando el valor de muy baja susceptibilidad a rasgos estructurales identificados como inciertos, y alta susceptibilidad a estructuras geológicas definidas. Mediante una función arcGis, las líneas de estas discontinuidades estructurales fueron consideradas con un radio de influencia de un kilómetro, para lo cual se generó un buffer de un kilómetro de diámetro; el resultado de esta operación permitió clasificar cada punto del mapa dentro de cinco categorías, de acuerdo con la Tabla 292. La Tabla 299 muestra la ponderación de discontinuidades estructurales identificadas en el área de estudio.

**Tabla 299 Susceptibilidad a PRM por tipo de estructuras geológicas**

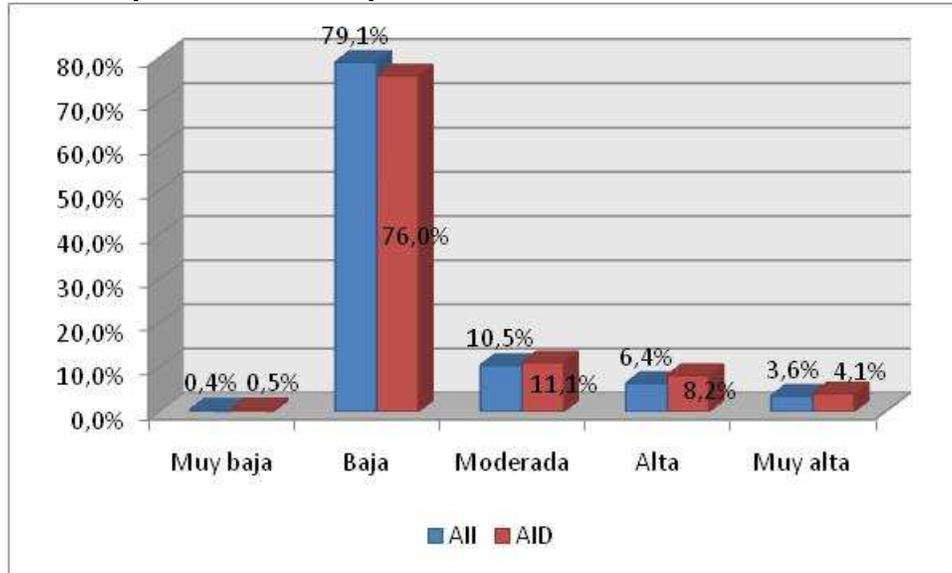
Tipo de Fallas	Categoría de Susceptibilidad	Ponderación
Falla incierta	Muy Baja	1
Falla cubierta	Baja	2
Lineamiento fotogeológico	Baja	2
Falla inversa o de cabalgamiento cubierta	Moderada	3
Falla de rumbo (sinestral - dextral) inferida	Moderada	3
Falla inferida	Moderada	3
Falla fotogeológica	Moderada	3
Falla de rumbo (sinestral - dextral)	Alta	4
Falla definida	Alta	4
Falla inversa o de cabalgamiento definida	Alta	4
Falla inversa o de cabalgamiento, inferida	Alta	4

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

No se consideraron criterios relacionados con el grado de actividad de los rasgos estructurales porque no se dispone de esta información para todas las estructuras reportadas para la región.

En el AII el 79,1% (23.924 ha) y 76,0% (554 ha) del AID son de susceptibilidad Baja, el 10,5 (3.184 ha) y 11,5% (81 ha) son de susceptibilidad moderada; solo el 10% (3.016 ha) del AII y 12,3% (90 ha) del AID son de susceptibilidad alta y muy alta (Figura 347).

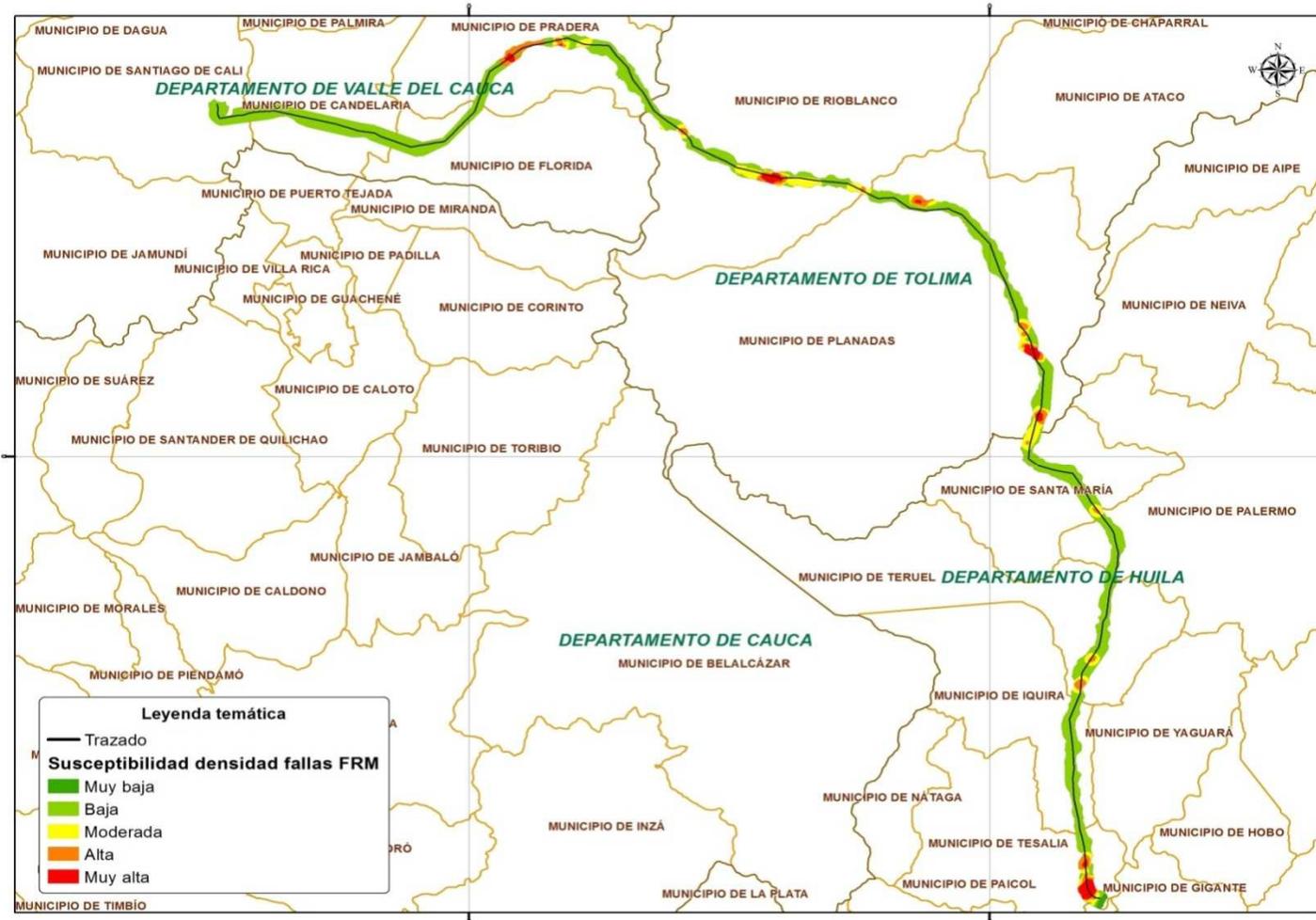
**Figura 347 Susceptibilidad a PRM por densidad de fallas o control estructural**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Figura 348 presenta el Mapa de Susceptibilidad a PRM por influencia estructural, en las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto.

**Figura 348 Susceptibilidad a PRM por densidad de fallas o control estructural**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2.014

- **Densidad de drenaje**

La Densidad de Drenaje,  $D_d$ , indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca ( $L_i$ ) y el área total de la misma ( $A$ ). Valores altos de densidad reflejan una cuenca muy bien drenada que debería responder de una manera relativamente rápida al influjo de la precipitación, es decir que las precipitaciones influirían inmediatamente sobre las descargas de los ríos (Tiempos de Concentración cortos).

Una cuenca con baja densidad de drenaje refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta. Una baja densidad de drenaje es favorecida en regiones donde el subsuelo es altamente resistente bajo una cubierta de vegetación muy densa y de relieve plano. La densidad de drenaje tiende a uno en ciertas regiones desérticas de topografía plana y terrenos arenosos, y a un valor alto en regiones húmedas, montañosas y de terrenos impermeables. Esta última situación es la más favorable, pues si una cuenca posee una red de drenaje bien desarrollada, la extensión media de los terrenos a través de los cuales se produce el escurrimiento superficial es corto y el tiempo en alcanzar los cursos de agua también será corto; por consiguiente la intensidad de las precipitaciones influirá inmediatamente sobre el volumen de las descargas de los ríos.

El procedimiento de mapificación de esta variable se realizó de la siguiente manera:

Para el mapa de cuencas, se calculó el parámetro de la Densidad de drenaje ( $D_d$ ) como se muestra en la Tabla 300, localizándolo en el centroide de cada cuenca.

A dicho centroide se le asignó el valor de  $D_d$  correspondiente a cada cuenca de drenaje definida.

Se realizó el análisis espacial mediante herramientas de GIS®, de interpolaciones tipo Krigging Universal, Krigging, IDWT (Cuadrática y Cúbica) y Spline.

Se generó el mapa con una salida tipo raster.

El método de análisis espacial que mejores resultados ofreció, fue el de Spline estudio (Figura 349), siendo el que se adoptó para la definición de los rangos de evaluación.

El resultado de esta operación permitió clasificar cada punto del mapa dentro de cinco categorías que se describen en la Tabla 301.

**Tabla 300 Parámetros morfométricos de las cuencas de drenaje**

RED DRENAJE PRINCIPAL		SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud d Cauce (Km)	Cota Máxima (msnm)	Cota Mínima (msnm)	So (m/m)
VERTIENTE	CUENCA						
MADALENA-CAUCA	ALTO MAGDALEN	Río Baché	200.52	26.21	3464.2	1321.6	0.0818

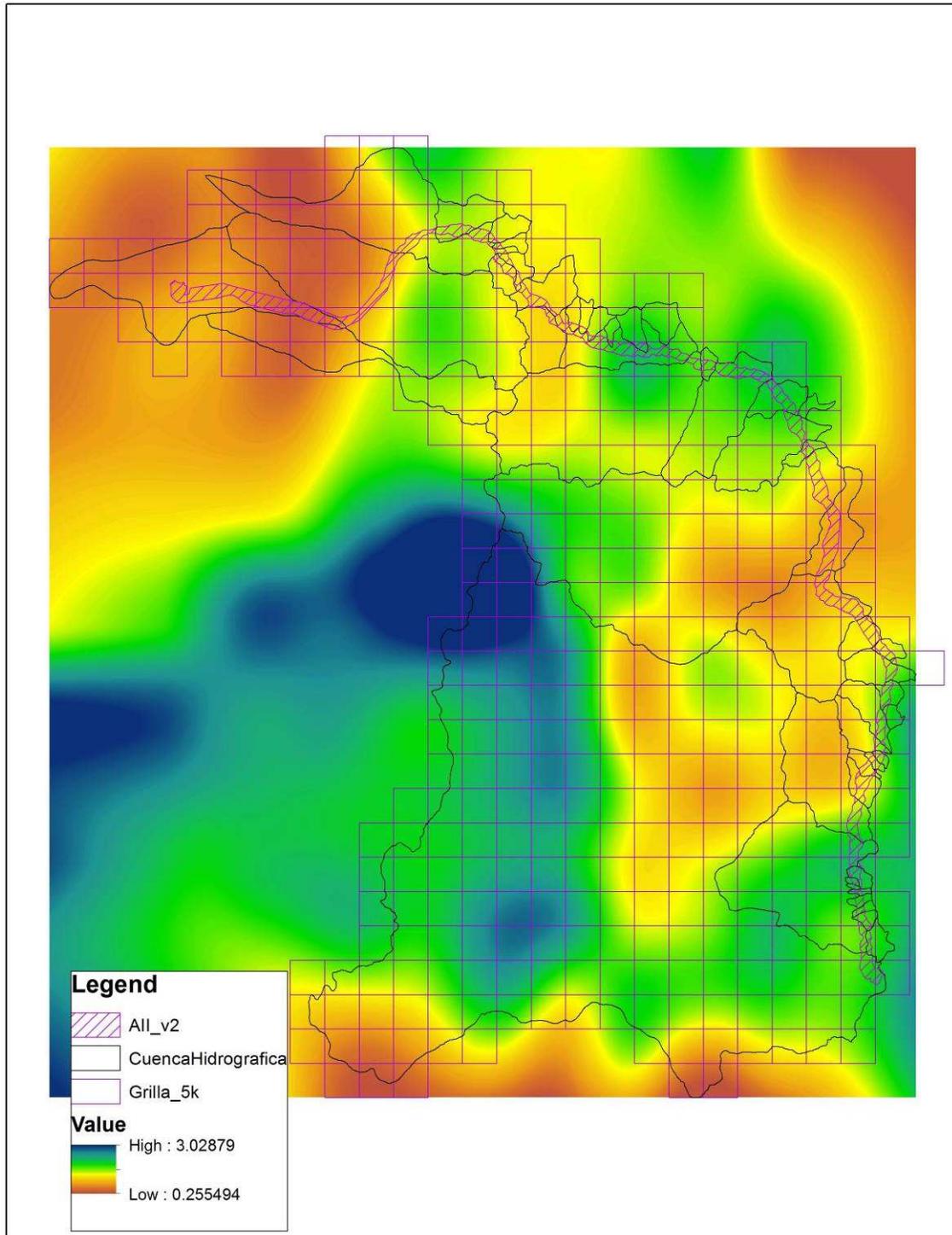
RED DRENAJE PRINCIPAL		SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud Cauce (Km)	Cota Máxima (msnm)	Cota Mínima (msnm)	So (m/m)
VERTIENTE	CUENCA						
	A	Río Paez	3523.75	294.26	4328.5	588.0	0.0127
		Quebrada La Cañada	18.57	8.58	1998.5	735.1	0.1472
		Quebrada El Igual	6.85	3.76	1814.6	897.2	0.2439
		Quebrada de Jacobo	6.08	4.51	1533.6	797.3	0.1633
		Quebrada El Chorro	4.35	3.40	1577.7	757.7	0.2410
		Quebrada Chucha	3.55	4.24	1621.8	792.7	0.1954
		Quebrada La Chorrera	2.43	3.03	1588.5	746.5	0.2776
		Quebrada El Guamal_1	1.71	2.04	1067.7	729.0	0.1658
		Quebrada Paredes	7.30	3.52	1566.4	714.4	0.2418
		Quebrada El Guamal	1.09	1.63	1067.7	738.5	0.2019
		Quebrada Los Bollos	3.30	2.44	1613.4	791.8	0.3362
		Quebrada Beberrecio	9.12	5.86	1983.3	743.9	0.2115
		Quebrada La Varas	3.62	3.27	1811.8	773.6	0.3178
		Quebrada San Juan	10.92	3.70	2539.7	989.1	0.4196
		Río María	30.18	10.32	3238.0	923.2	0.2243
		Quebrada Pedernal	33.78	14.26	3216.7	923.0	0.1608
		Quebrada El Nilo	34.76	13.42	3028.5	841.4	0.1629
		Quebrada El Oso	24.00	7.94	2536.9	1369.0	0.1472
		Quebrada Corozal	9.74	5.55	2349.5	1202.6	0.2068
		Río Yaguará	293.41	55.92	2838.5	627.1	0.0395
	Quebrada El Achote	14.44	4.83	1364.1	571.5	0.1640	
	Río Iquira	168.07	33.26	3234.5	673.3	0.0770	
	SALDAÑA	Río Saldaña	414.41	41.75	4224.3	1526.8	0.0646
Río Ata		931.44	73.04	4328.5	1130.0	0.0438	

RED DRENAJE PRINCIPAL		SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud de Cauce (Km)	Cota Máxima (msnm)	Cota Mínima (msnm)	So (m/m)
VERTIENTE	CUENCA						
		Río Hereje	86.04	22.41	4180.8	1518.5	0.1188
		Quebrada Patagonia	7.95	4.92	2561.5	1484.9	0.2188
		Quebrada Montalvo	33.19	9.37	3119.8	1589.5	0.1633
		Río Claro	67.18	21.71	3094.2	1755.6	0.0617
		Quebrada San Joaquin	9.88	9.03	2385.4	1130.7	0.1390
		Quebrada San Gabriel	111.74	29.22	3404.3	1082.9	0.0794
		Río Siquila	138.57	28.68	3404.3	1486.7	0.0669
		Quebrada Las Arrugas	45.45	12.19	4180.8	3002.6	0.0967
		Quebrada San Pablo	7.14	6.18	2173.6	955.2	0.1973
		NN	50.50	7.40	4192.3	3025.6	0.1577
		Quebrada El Triunfo	7.58	4.99	4055.7	3078.8	0.1958
		Quebrada El Bejuquero	10.49	5.82	4109.1	2838.4	0.2184
		Quebrada Las Mercedes	22.53	6.78	3629.9	1851.0	0.2625
		Quebrada El Quebradón	17.17	7.41	4040.5	2089.2	0.2635
		Quebrada El Venao	4.98	4.52	4040.5	2579.8	0.3234
	Quebrada El Purgatorio	7.36	5.14	4067.7	3063.4	0.1955	
	CAUCA	Río Desbaratado	210.85	57.23	4144.9	950.0	0.0558
		Río Fraile	539.51	58.13	4192.3	946.7	0.0558
		Río Fraile y Directos Río Cauca	287.77	14.49	3089.7	942.7	0.1482
		Río Bolo	286.46	53.21	3992.9	941.3	0.0573
		Río Bolo Blanco	42.88	10.97	4092.0	1559.4	0.2308
		Quebrada Mendoza	12.05	6.29	4085.1	2545.6	0.2446
		Quebrada El Silencio	16.96	7.21	4164.2	2306.4	0.2578
		Quebrada El Castillo	7.67	5.45	3983.2	2367.1	0.2963

RED DRENAJE PRINCIPAL		SUBCUENCA	Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud de Cauce (Km)	Cota Máxima (msnm)	Cota Mínima (msnm)	So (m/m)
VERTIENTE	CUENCA						
		Río Bolo Azul	16.03	6.49	4136.7	2545.6	0.2451

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

Figura 349 Mapa de sectorización por densidad de drenajes (Km/Km<sup>2</sup>)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

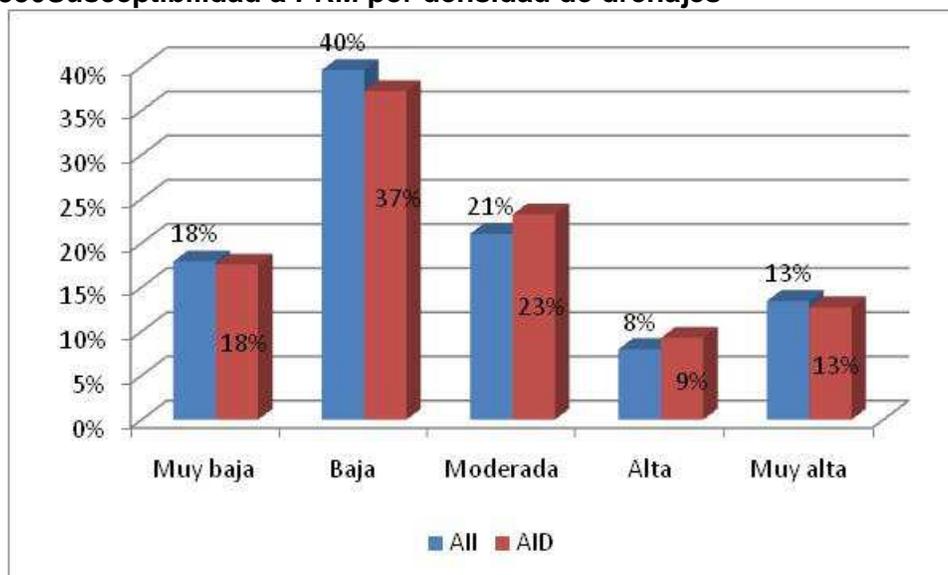
**Tabla 301 Criterios de susceptibilidad de drenajes**

Rangos Densidad de drenajes (Km/Km2)	Valoración
<1,25	1
1,25 – 1,50	2
1,50 – 2,0	3
2,0 – 2,25	4
>2,25	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Figura 350 muestra que el 58% (17.404 ha) del AII y 55% (396 ha) del AID, son de susceptibilidad Muy baja y Baja; el 21 % (6.372 ha) del AII y 23% (168 ha) del AID es de susceptibilidad Moderada. El 21% (6.482 ha) del AII y 22% (159 ha) del AID, son de susceptibilidad Alta y Muy Alta.

**Figura 350 Susceptibilidad a PRM por densidad de drenajes**

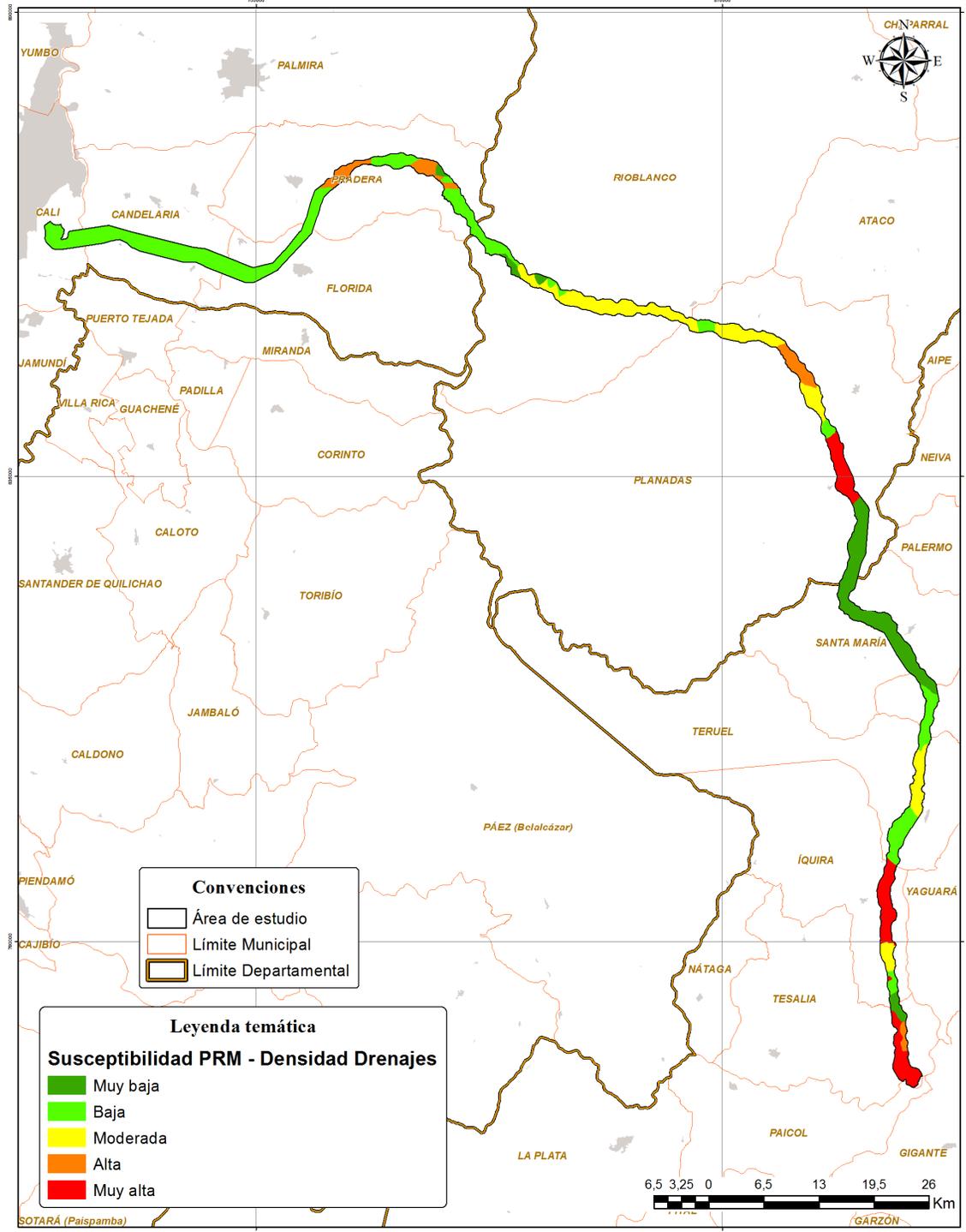


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 351 se presenta el mapa de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa resultante, para el área de influencia del proyecto de acuerdo con la sectorización por densidad de drenajes.

**Figura 351 Susceptibilidad a PRM por densidad de drenajes**

**Susceptibilidad a PRM por Densidad de drenajes**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Pendiente del terreno**

El grado de inclinación de las laderas naturales, favorece o disminuye la resistencia al corte de los diferentes materiales que conforman los taludes sobre el área de influencia del proyecto. Se establecieron cinco categorías, donde a las pendientes escarpadas y muy escarpadas se les asignó el peso más alto, mientras que a los terrenos ligeramente planos y planos se les asignó el peso más bajo (Tabla 302).

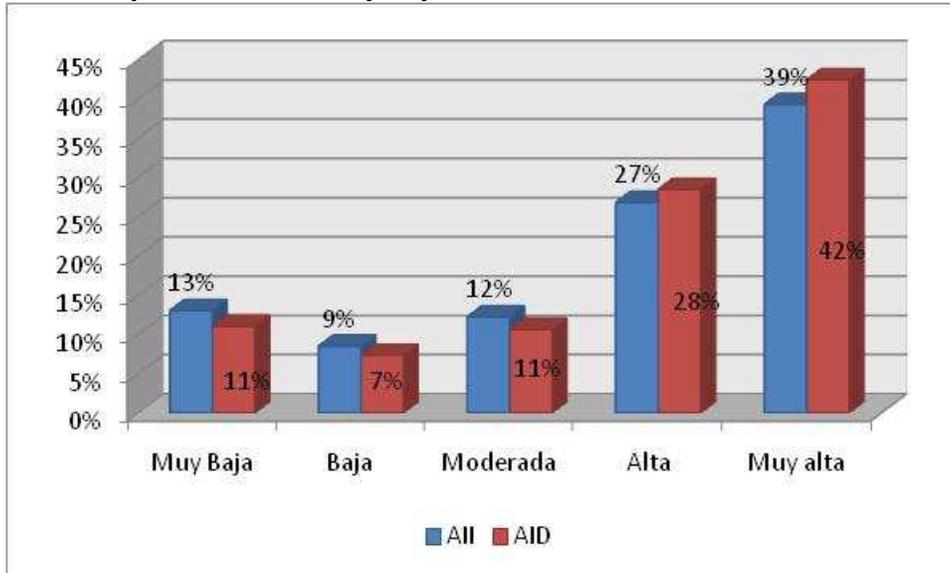
**Tabla 302 Susceptibilidad a PRM por pendientes del terreno**

Inclinación (%)	Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP)	Ponderación
0-1	Plano	1
1-3	Plano a Ligeramente Plano	
3-7	Ligeramente Inclinado	2
7-12	Moderadamente Inclinado	3
12-25	Fuertemente Inclinado	
25-50	Ligeramente Escarpado o Ligeramente Empinado	4
50-75	Moderadamente Escarpado o Moderadamente Empinado	5
>75	Fuertemente Escarpado	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Figura 352 muestra que el 66% (20.016 ha) del AII y 71% (513 ha) del AID presentan susceptibilidad Muy Alta y Alta a PRM por pendientes; el 22% (6.535 ha) del AII y 18% (133 ha) del AID son de susceptibilidad Muy Baja y Baja.

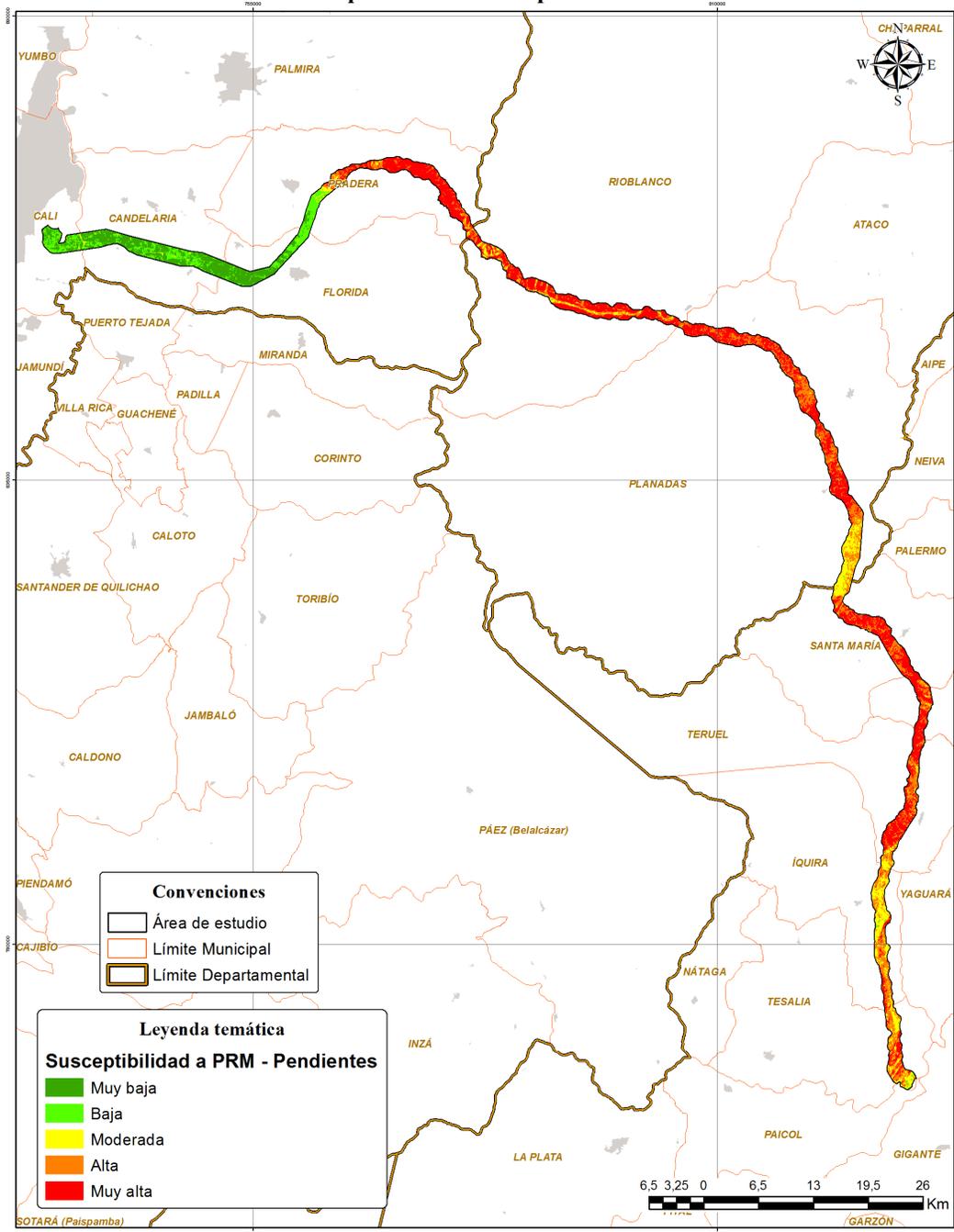
**Figura 352 Susceptibilidad a PRM por pendientes del terreno**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 353 se presenta el mapa de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa resultante, para el área de influencia del proyecto de acuerdo con la sectorización por pendientes del terreno.

**Figura 353 Susceptibilidad a PRM por pendientes del terreno**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.8.3 Zonificación de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa

Durante el proceso de evaluación de la amenaza por PRM se elaboró un mapa de susceptibilidad general del terreno mediante un análisis estadístico multivariado (Sistema de Evaluación Numérica), en el cual son sumados digitalmente los siete mapas de susceptibilidad (Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información), que representan los factores intrínsecos que condicionan la generación y reactivación de estos procesos. Este procedimiento se realizó utilizando el SIG ArcGis10, así:

$$ST = SL + SG + SH + SS + SF + SD + SP$$

Donde:

- ST = Susceptibilidad del terreno a los PRM.
- SL = Susceptibilidad del parámetro litología.
- SG = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.
- SH = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.
- SS = Susceptibilidad del parámetro Cobertura del suelo.
- SF = Susceptibilidad del parámetro densidad de falla.
- SD = Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.
- SP = Susceptibilidad del parámetro pendiente del terreno.

La Tabla 303 presenta los intervalos establecidos en las categorías del mapa de susceptibilidad general del terreno a PRM.

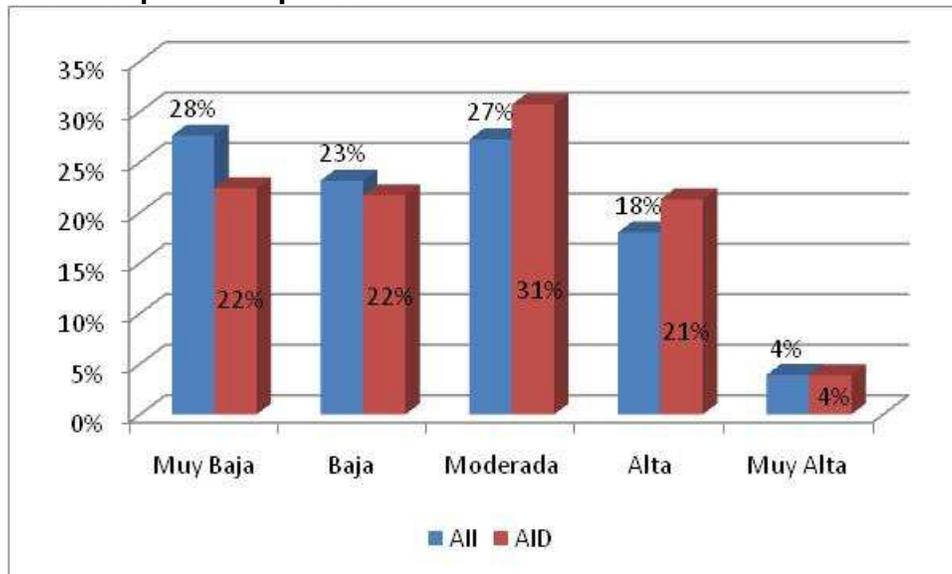
**Tabla 303 Intervalos y categorías de la susceptibilidad general del terreno**

Ponderación	Peso	Categoría de Susceptibilidad
<17	1	Muy baja
17 – 19	2	Baja
19 – 21	3	Moderada
21 – 24	4	Alta
> 24	5	Muy alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

La Figura 354 muestra la zonificación resultante de susceptibilidad a PRM, donde el 27% (8.247 ha) del AII y el 31 % (222 ha) son de susceptibilidad Moderada; el 51% (15.369) del AII y 44% (319 ha) del AID son de Muy Baja y Baja susceptibilidad. En menor proporción, el 22% (6.642 ha) del AII y 25% (182 ha) del AID, son de Alta y Muy Alta susceptibilidad a PRM.

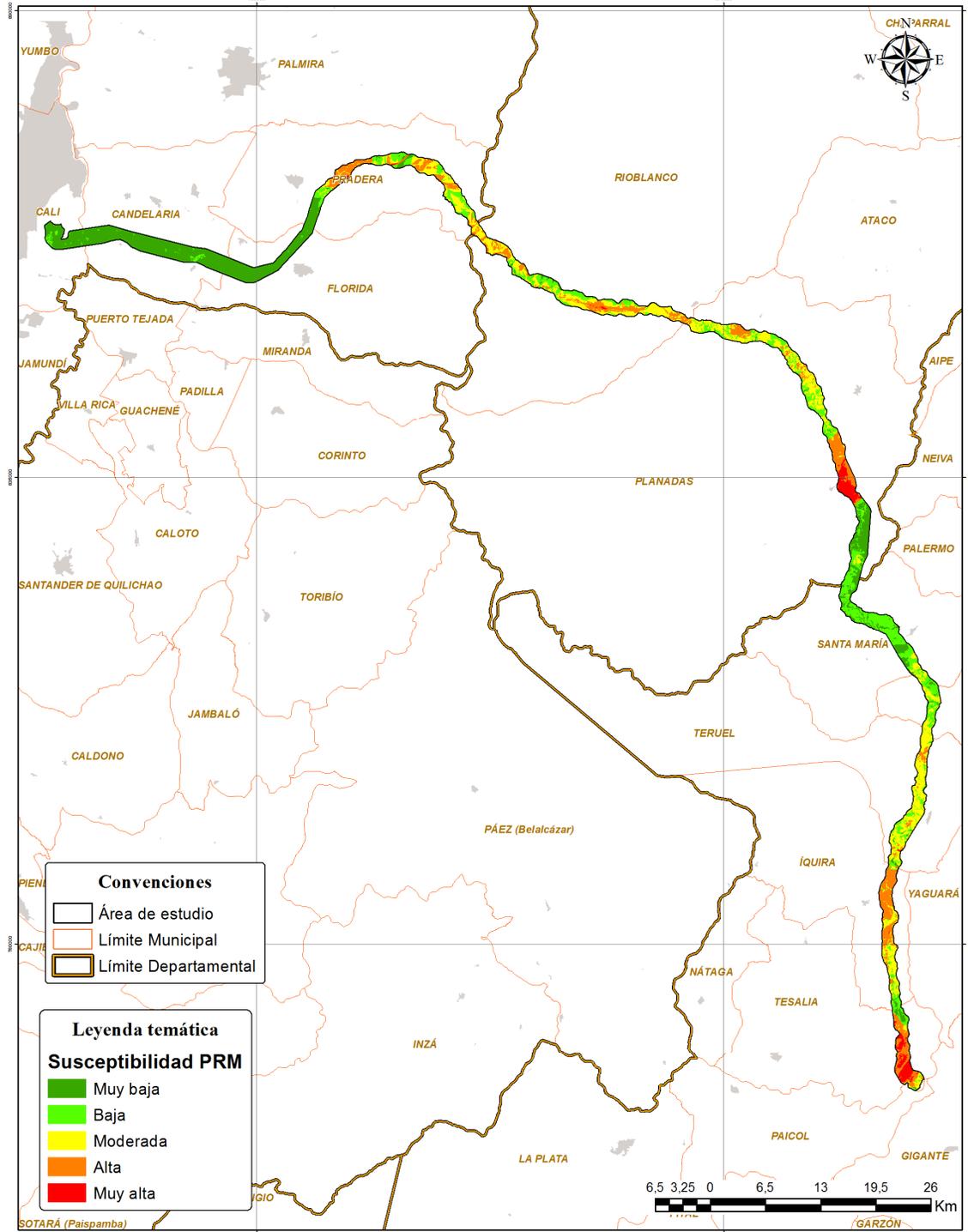
**Figura 354 Susceptibilidad por PRM**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 355 se presenta el mapa de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa resultante.

**Figura 355 Mapa de Susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.8.4 Zonificación geotécnica

La amenaza relativa del terreno se estableció con base en la interacción de los factores intrínsecos y los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de los fenómenos de remoción en masa. Para la elaboración del mapa de zonificación geotécnica se emplearon como factores detonantes la precipitación y la amenaza sísmica, siguiendo el siguiente algoritmo:

$$ZG=ST * (FP + FS)$$

Donde:

ZG = Zonificación Geotécnica (Amenaza relativa del terreno por PRM).

ST = Susceptibilidad total del terreno a los PRM.

FP = Factor detonante por precipitación.

FS = Factor detonante por sismicidad.

- **Precipitación**

La precipitación, principalmente en periodos invernales, se define por su intensidad, duración y distribución espacial. La relación lluvia-deslizamiento varía de un sitio a otro dependiendo de las condiciones locales de la zona, como la humedad, el tipo y uso del suelo, y topografía, entre otros.

El componente de escorrentía de la precipitación, usualmente es considerado un agente de erosión superficial o de erosión lineal con formación de surcos y cárcavas. La escorrentía tiene un efecto importante en la movilización de los materiales arrancados por los deslizamientos someros y profundos y en la generación de deslizamientos en las márgenes de las corrientes, por erosión lateral y socavación de orillas, que aumenta el valor de sus pendientes hasta hacerlas inestables. Los registros de precipitación en la zona de estudio permitieron elaborar el mapa de distribución espacial de la lluvia anual, como se ilustra en la Figura 357.

Teniendo en cuenta que para la zona de influencia del proyecto no existen datos de deslizamientos naturales relacionados a lluvias, el factor de precipitación se asignó de acuerdo con los valores del mapa de distribución de la precipitación (Tabla 304).

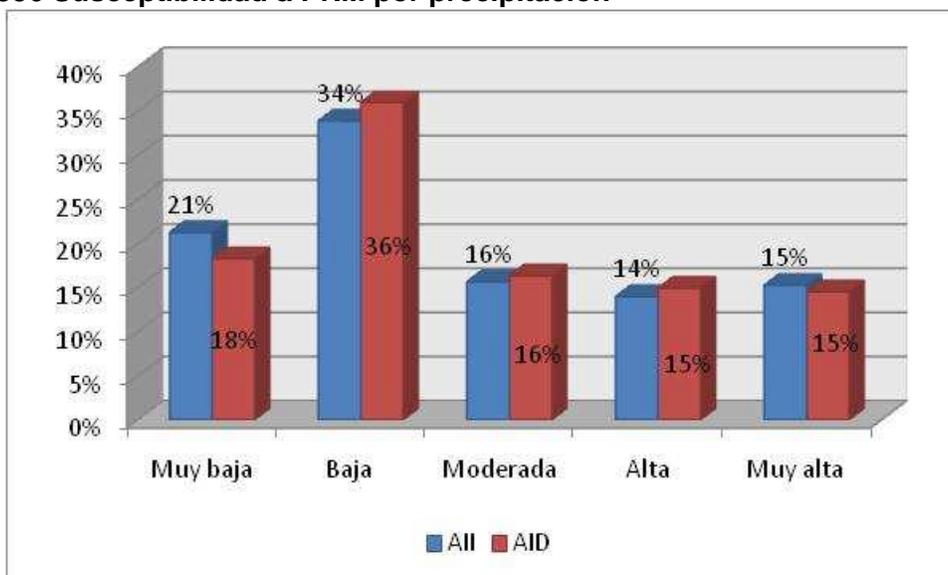
**Tabla 304 Intervalos de categorías de precipitación**

Valores	Categoría de Amenaza	Ponderación
< 1.400mm	Muy baja	1
1.400 – 1.600mm	Baja	2
1.600 - 1.800 mm	Moderada	3
1.800 – 2.000 mm	Alta	4
>2.000 mm	Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

De la Figura 356 se observa que en proporciones similares, el territorio presenta desde muy baja a muy alta susceptibilidad a PRM por el factor detonante de la precipitación, resaltando un poco las áreas de baja susceptibilidad con el 34% (10.247 ha) del AII y el 36% (260 ha) del AID.

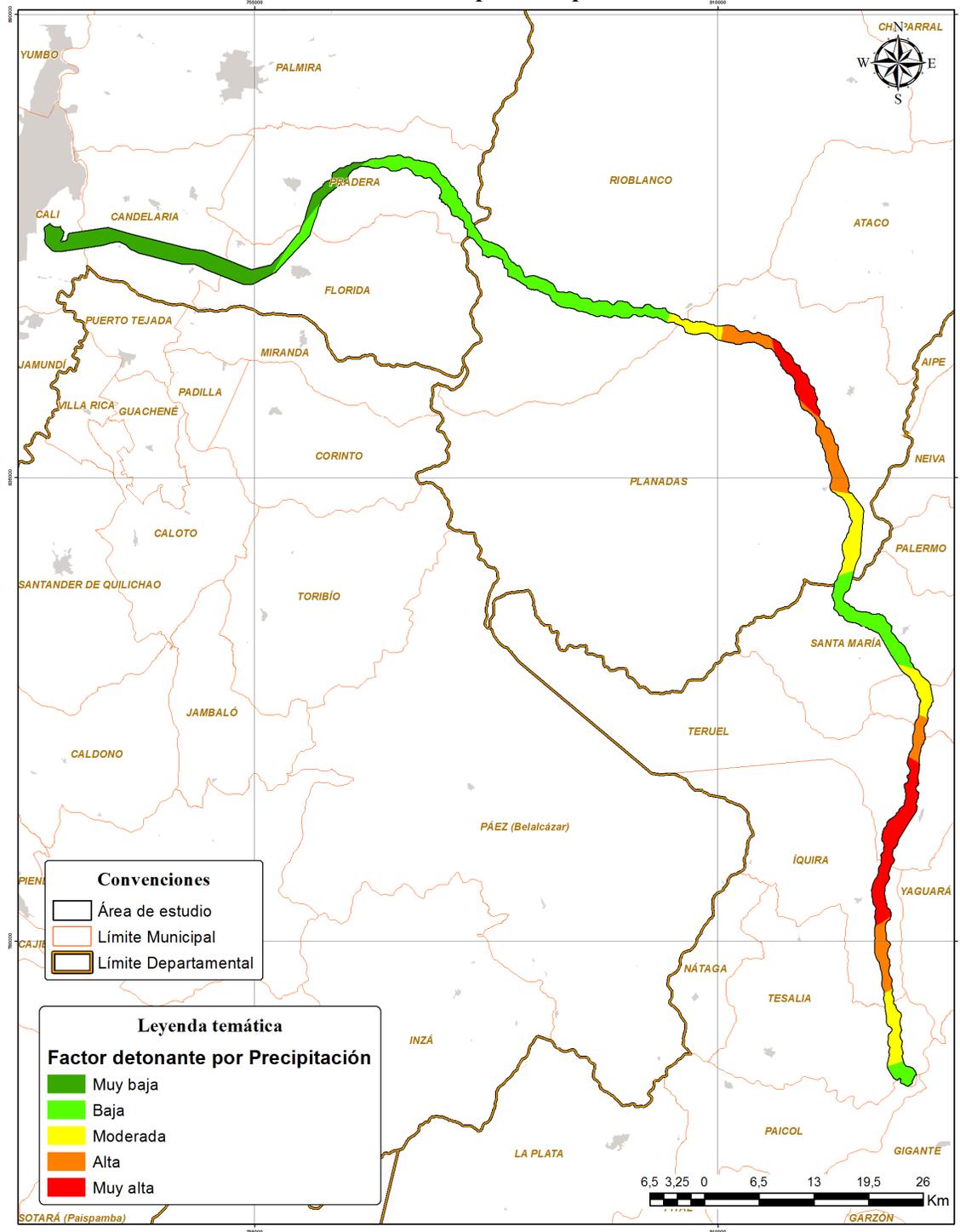
**Figura 356 Susceptibilidad a PRM por precipitación**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

En la Figura 357 se presenta el mapa de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa resultante, para el área de influencia del proyecto de acuerdo con la sectorización por precipitación, como factor detonante.

**Figura 357 Susceptibilidad a PRM por precipitación**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Sismicidad**

El factor detonante por sismicidad se determinó con base en los resultados de amenaza sísmica. En la Tabla 305 se presentan los niveles de amenaza y en la Tabla 306, los valores de los parámetros Aa y Av por municipio; como se puede ver, este factor detonante es una constante en toda el área de estudio, de amenaza sísmica alta, ver Tabla 306 y Figura 358.

**Tabla 305 Susceptibilidad a PRM por sismicidad**

Coeficiente Aceleración Pico Efectiva (Aa)	Amenaza sísmica (NSR-10)	Amenaza sísmica	
		Nivel	Descripción
0.45 - 0.50	Alta	5	Muy Alta
0.40 - 0.45			
0.35 - 0.40			
0.30 - 0.35		4	Alta
0.25 - 0.30			
0.20 - 0.25	Intermedia	3	Moderada
0.15 - 0.20			
0.10 - 0.15			
0.05 - 0.10	Baja	2	Baja
0.00 - 0.05			

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 306 Niveles de Amenaza Sísmica por municipios**

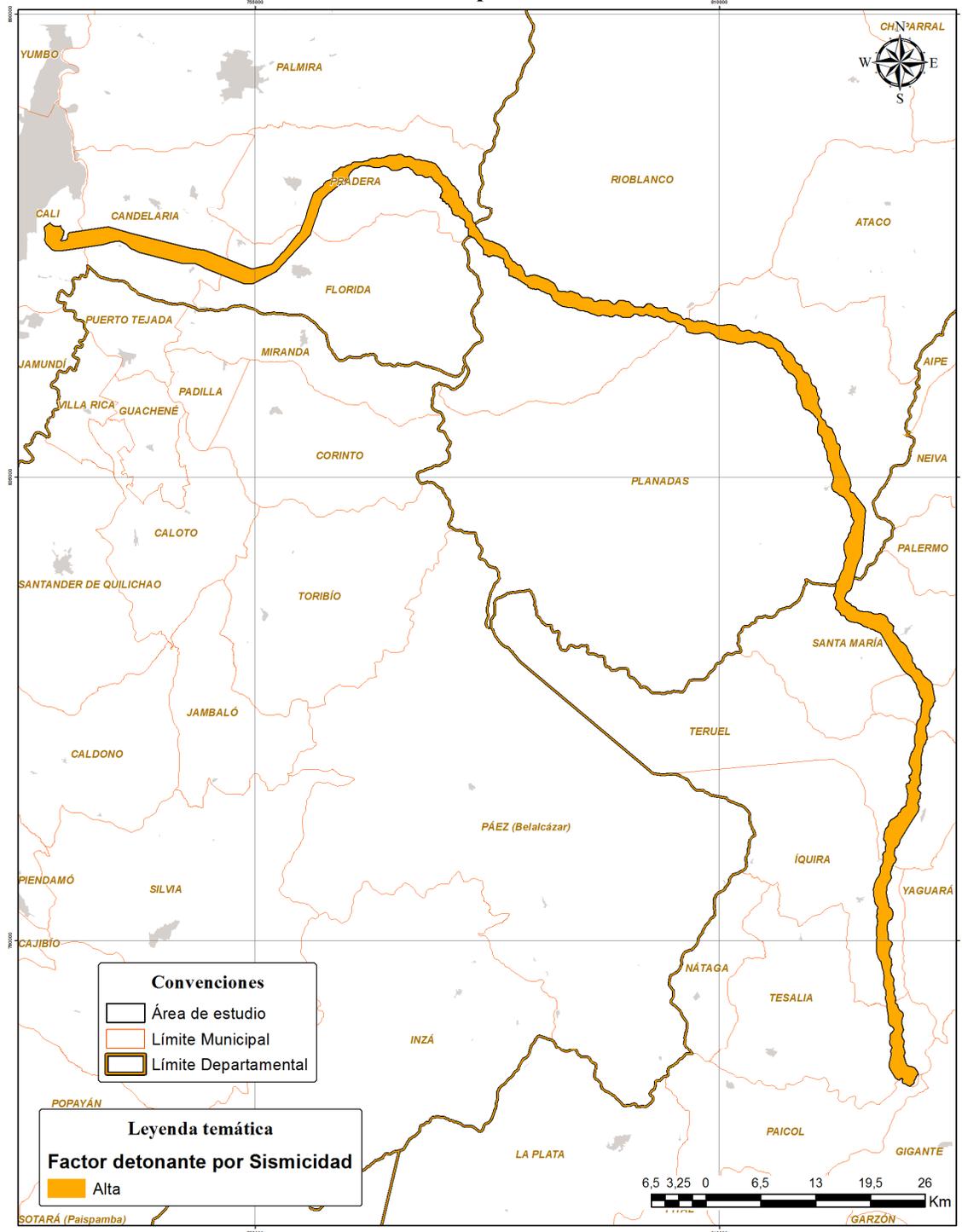
Departamento	Municipio	Aa	Av	Nivel de Amenaza Sísmica
Huila	Tesalia	0.25	0.20	Alta
Huila	Palermo	0.25	0.25	Alta
Huila	Santa María	0.25	0.20	Alta
Huila	Teruel	0.25	0.20	Alta
Huila	Íquira	0.25	0.20	Alta
Tolima	Planadas	0.25	0.20	Alta
Tolima	Ríoblanco	0.25	0.20	Alta
Valle del Cauca	Pradera	0.25	0.20	Alta
Valle del Cauca	Florida	0.25	0.20	Alta
Valle del Cauca	Candelaria	0.25	0.20	Alta
Valle del Cauca	Cali	0.25	0.25	Alta

Fuente: Norma Sismorresistente NSR-10, 2010

---

La Figura 358 muestra la zonificación de Amenaza Sísmica para el área de influencia del proyecto, la cual corresponde en un 100% a amenaza alta.

**Figura 358 Amenaza sísmica**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Resultados**

La Zonificación Geotécnica del área de influencia del proyecto se dividió en cinco categorías de amenaza (Tabla 307), que van desde muy alta a muy baja (IA, IB, II, IIIA y IIIB) y corresponden a la agrupación metodológica de zonas homogéneas de los factores de ponderación evaluados.

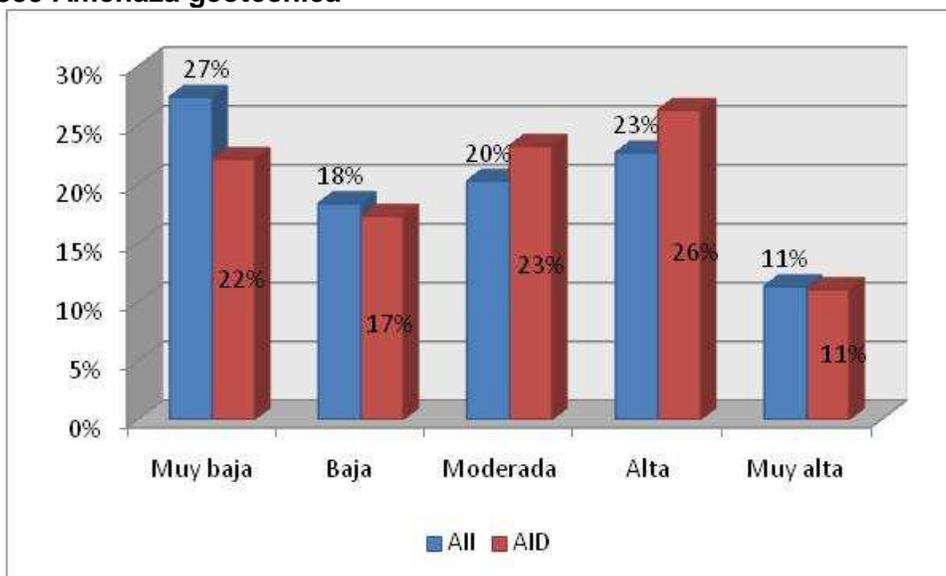
**Tabla 307 Categorías de Amenaza relativa del terreno por PRM**

Categorías de amenaza		Ponderación
Muy baja	IIIB	1
Baja	IIIA	2
Moderada	II	3
Alta	IB	4
Muy alta	IA	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

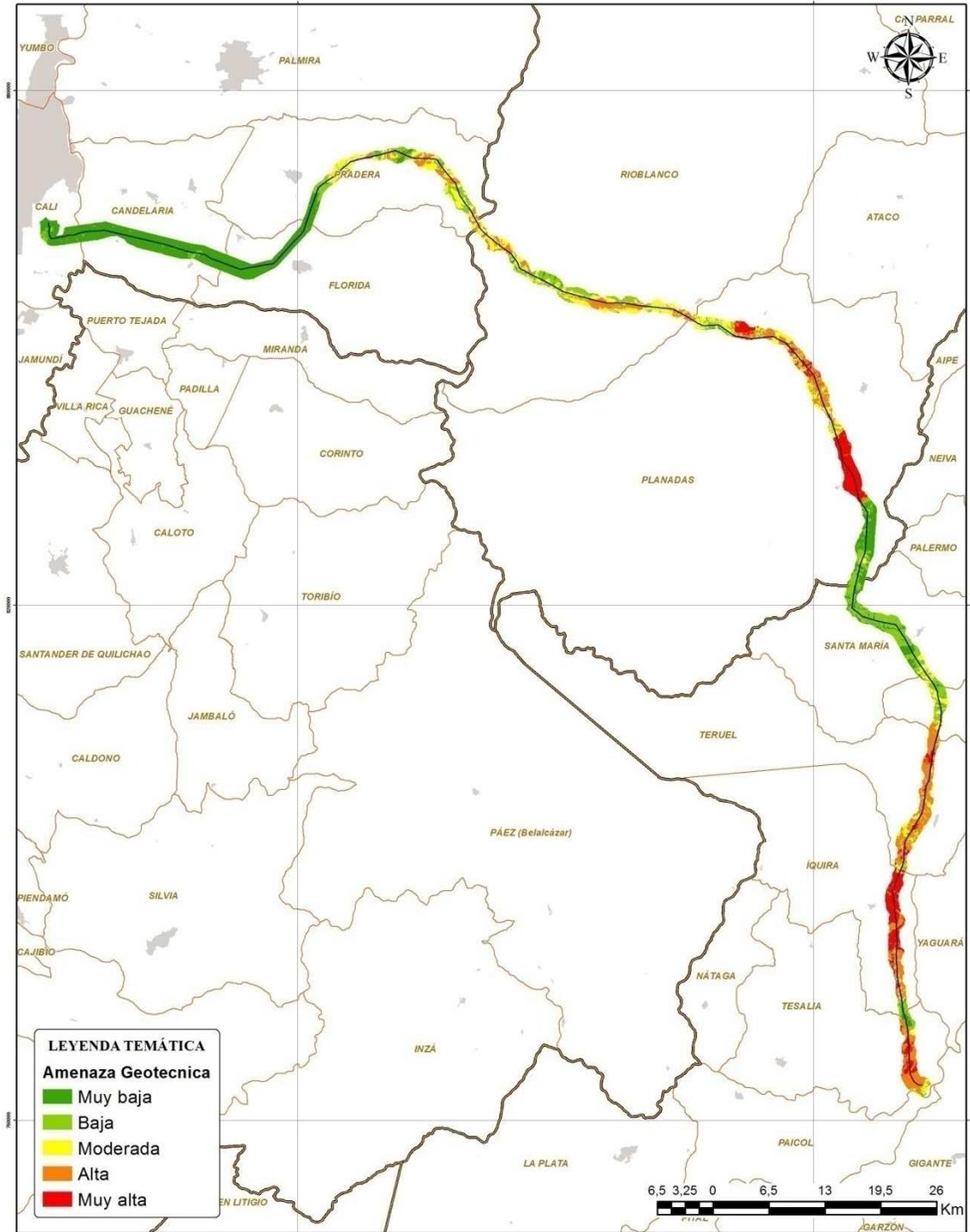
La Figura 359 muestra el resultado de la zonificación geotécnica obtenido para el AI y AID del proyecto. El 46% (13.846 ha) del AII y 39% (285 ha) son de Muy Baja y Baja amenaza geotécnica; el 34% (10.280 ha) del AII y 37% (270 ha) del AID son de amenaza Alta y Muy Alta. La Figura 360 muestra el Mapa de Zonificación Geotécnica resultante.

**Figura 359 Amenaza geotécnica**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Figura 360 Mapa de Zonificación Geotécnica del área de influencia del proyecto**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

**Tabla 308 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica del área de influencia del proyecto**

Unidad	Amenaza	Descripción	Símbolo
IA	Muy alta	Por las condiciones del terreno, son áreas muy propensas a generar PRM como deslizamientos, flujos de lodo y procesos erosivos como surcos y cárcavas.	11%
IB	Alta	Son zonas en donde la mayoría de condiciones del terreno son propensas a generar PRM.	23%
II	Moderada	Son zonas en donde el terreno presenta algunas condiciones para generar PRM.	20%
IIIA	Baja	Son zonas en donde las condiciones del terreno no presentan mayores riesgos de generación de PRM.	18%
IIIB	Muy Baja	Son zonas donde no se presentan PRM	27%

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### **3.2.9 Paisaje**

En la determinación del paisaje se establece que la superficie terrestre presenta una morfología que integra la totalidad de los recursos naturales y la dinámica social que se desarrolló alrededor de los mismos, la que en su conjunto define la escena visual compuesta por la vegetación, el suelo, el agua, los diferentes desarrollos antrópicos, incluyendo entre ellos a la población. Con base en lo anterior se considera el análisis del paisaje como una expresión visual del medio lo que corresponde al conjunto de características del entorno en términos de los medios biótico, físico y entrópico, que sean perceptibles a la vista.

La elaboración del paisaje y su respectivo análisis se sustenta en la conjunción de dos aspectos principalmente, el primero hace referencia a la geomorfología definida como la descripción de las formas del terreno y el segundo define a la cobertura especialmente la vegetal producto de la oferta ambiental y el uso que el hombre da a las mismas, aspectos fundamentales en que se sustentan las unidades de paisajes, sobre las cuales se realiza el análisis del mismo.

Lo anterior determina que la forma del terreno y las coberturas vegetales son aspectos complementarios que suministran un análisis del paisaje de tipo integral sobre zonas o unidades de análisis de alta homogeneidad, sobre las cuales igualmente se localizan los ecosistemas similares en razón a su oferta similar.

De acuerdo con lo anterior se desarrollan a continuación los numerales correspondientes a; unidades geomorfológicas, unidades de cobertura, determinación de unidades de paisaje y evaluación y análisis del paisaje.

#### **3.2.9.1 Unidades geomorfológicas**

En desarrollo del presente componente se retoma la geomorfología elaborada a nivel de detalle correspondiente a forma del terreno, la cual fue utilizada en desarrollo del componente geomorfológico e igualmente corresponde a la última categoría del sistema de clasificación Alfred Zinck CIAF – IGAC, definiendo escala de salida de 1:25.000 (ver numeral de Geomorfología 3.2.2 y su metodología correspondiente), soporte para la construcción de las unidades de paisaje, en razón de su alta homogeneidad geogenético, que igualmente se traduce en unidades geomorfológicas de similar oferta ambiental. En la Tabla 309 se presentan las categorías correspondientes a las unidades geomorfológicas agrupadas en términos de las diferentes categorías del sistema de clasificación, determinando las unidades de paisaje desde la perspectiva geomorfológica.

Las unidades geomorfológicas para el análisis provienen del desarrollo del componente geomorfológico, determinando para las misma la totalidad de los niveles o categorías del sistema de clasificación geomorfológica, igualmente en la última columna se aprecia el resultado de la agrupación de las diferentes unidades geomorfológicas integrando las diferentes categorías, las cuales dentro de su denominación denota la alta homogeneidad



**Tabla 309 Agrupación de unidades geomorfológicas**

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morf o de Paisaje	Tipo Relieve	Litología dominante	Forma Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área		Susceptibi. FRM	
											Ha	%		
LS12-62d	Cordillera, Orógeno	Cordillera Central	Estructural	Lomas (L)	Estructural Erosional (S)	Lomas y colinas (12)	Rocas sedimentarias clásticas, conformadas por intercalaciones de arcillolitas con litoarenitas de grano fino a medio.	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%); colinas con muy bajo índice de relieve, laderas moderadamente largas, rectas.	Se observa erosión en surcos a lo largo de los caminos existentes.	8,8	0,03%	3	Terrenos en rocas blandas, de baja altura y pendientes suaves; con erosión en surcos.
LS20-62d						Cono de deyección (20)	Depósitos cuaternarios de origen coluvial, que recubre rocas sedimentarias.	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%).	---	16,43	0,05%	3	Terrenos de pendientes suaves, en material no consolidado, de susceptibilidad moderada a erosión
LS21-89d						Terraza depositacional (21)	Depósitos cuaternarios de origen volcánico, que recubren rocas sedimentarias.	Plano de terraza (89)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%).	Los procesos erosivos están asociados al escarpe de terraza, con el desarrollo de cárcavas y surcos.	70,53	0,23%	1	Terrenos planos a fuertemente inclinados, estables.
MS1-62f		Cordillera Central	Estructural	Montañas (M)	Estructural Erosional (S)	Anticinal (1)	Rocas vulcano sedimentarias, tipo flujos volcánicos, tobas, areniscas arcóscicas, lutitas y arcillolitas, de edad Jurásico.	Ladera (62)	Pendientes escarpadas (50-75%), cimas amplias, redondeadas, laderas convexas y moderadamente largas.	Tiene una capa vegetal muy delgada, y susceptible a deslizamientos superficiales y erosión en surcos.	309,35	1,02%	4	Laderas de un relieve de montañas, con pendientes escarpadas, susceptible a deslizamientos y erosión en surcos

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morf o de Paisaje	Tipo Relieve	Litología dominante	Forma Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área		Susceptibi. FRM	
											Ha	%		
MS7-110d,e,f						Barras Homoclinales (7)	Rocas sedimentarias clásticas, conformadas por intercalaciones de estratos competentes como conglomerados, areniscas y areniscas conglomeráticas y estratos blandos como arcillolitas, limolitas y chert, entre otras.	Ladera de buzamiento (110)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a muy escarpadas (>75%); bajo índice de relieve, laderas cortas, cimas agudas y angostas.	Son rocas sueltas, deleznales, de alta susceptibilidad a erosión en surcos y cárcavas.	776,79	2,57%	4	Laderas de fuerte pendiente, en rocas deleznales y de alta susceptibilidad a erosión en surcos y cárcavas
MS7-111e,f						Barras Homoclinales (7)	Rocas sedimentarias clásticas, conformadas por intercalaciones de estratos competentes como conglomerados, areniscas y areniscas conglomeráticas y estratos blandos como arcillolitas, limolitas y chert, entre otras.	Ladera erosional (111)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a escarpadas (50-75%); bajo índice de relieve, laderas cortas, cimas agudas y angostas.	Son rocas sueltas, deleznales, de alta susceptibilidad a erosión en surcos y cárcavas.	1112,11	3,68%	4	Laderas de fuerte pendiente, en rocas deleznales y de alta susceptibilidad a erosión en surcos y cárcavas
MS34-62e,f						Filas, vigas, crestas ramificadas (34)	Rocas sedimentarias clásticas, con intercalaciones de estratos competentes como conglomerados, areniscas y areniscas conglomeráticas y estratos blandos como arcillolitas, limolitas y chert, entre otras. Rocas vulcánicas sedimentarias, tipo flujos volcánicos,	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a escarpadas (50-75%), alto índice de relieve, laderas largas, escalonadas.	Esta zona está afectada en alto grado por pisadas de ganado y desarrolla pequeños despegues del terreno.	2567,22	8,48%	4	Laderas de pendiente, fuertemente quebrada, en roca; afectadas en alto grado por pisadas de ganado y terracetos.

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morf o de Paisaje	Tipo Relieve	Litología dominante	Forma Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área		Susceptibi. FRM		
											Ha	%			
							tobas, areniscas arcóscicas, lutitas y arcillolitas, de edad Jurásico. Calizas, e intercalaciones de lodolitas, arcillolitas, conglomerados y brechas.								
MS14-110d						Colinas (14)	Rocas sedimentarias clásicas de areniscas, arcillolitas y conglomerados.	Ladera de buzamiento (110)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve, laderas muy cortas.	Escasa cobertura vegetal, expuesta a erosión eriales.	89,23	0,29%	3	Terrenos en rocas blandas, de baja altura y pendientes suaves; con erosión superficial.	
MS14-62e								Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%), muy bajo índice de relieve, laderas muy cortas.	Escasa cobertura vegetal, expuesta a erosión eriales.	19,79	0,07%	3	Terrenos en rocas blandas, de baja altura y pendientes suaves; con erosión superficial.	
MS35-110d						Lomas (35)	Rocas sedimentarias clásicas de areniscas y conglomerados.	Ladera de buzamiento (110)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve, laderas muy cortas.	---	3,15	0,01%	3	Terrenos en roca, de baja altura y pendientes suaves.	
MS36-62d,e						Lomas y colinas (36)	Rocas sedimentarias clásicas, conformadas por intercalaciones de lodolitas, calizas fosilíferas y capas delgadas de areniscas; rocas volcanosedimentarias de tobas, aglomerados, cenizas volcánicas	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%), bajo índice de relieve, laderas cortas.	No se observan procesos erosivos significativos.	587,47	1,94%	3	Terrenos en roca, de baja altura y pendientes fuertemente quebradas, no se observan procesos erosivos significativos.	

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morfo de Paisaje	Tipo Relieve	Litología dominante	Forma Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área		Susceptibi. FRM	
											Ha	%		
MS15-62d,e,f,g						Coluvio (15)	Depósitos de ladera	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) hasta escarpadas (>75%).	---	31,5	0,10%	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas a escarpadas.
MS44-62d						Vallecito coluvio aluvial (44)	Lodolitas y calizas negras fosilíferas.	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), bajo índice de relieve, laderas moderadamente largas y cóncavas.	No se observan procesos erosivos significativos.	40,81	0,13%	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas, bajo índice de relieve; no presenta procesos erosivos significativos.
MÑ34-62d,e,f,g			Denudación I	Montañas (M)	Fluvio-Erosional (N)	Filas, vigas, crestas ramificadas (34)	Rocas intrusivas, tipo cuarzodiorita, granodiorita y tonalitas, entre otras, de edad Jurásica; rocas metamórficas tipo anfibolitas, neises, esquistos verdes, negros; lavas basálticas almohadilladas.	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%), escarpadas (50-75%), a muy escarpadas (75-70%); alto índice de relieve, laderas largas, escalonadas; cimas redondeadas, medianamente amplias.	Esta zona está afectada en alto grado por pisadas de ganado y desarrolla pequeños despegues del terreno.	13048,73	43,12%	4	Terrenos en roca, de pendientes fuertemente quebradas a muy escarpadas, alto índice de relieve; afectado en alto grado por erosión en pisadas de ganado y terracetos.
MH45-103d,e				Montañas (M)	Fluvio-Gravitacional (H)	Vega (45)	Depósitos cuaternarios no consolidados de origen aluvial, depósitos de gravas, conglomerados, etc.	Vega (103)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%), bajo índice de relieve, laderas cortas,	---	1178,43	3,89%	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas a fuertemente quebradas; apariencia estable.

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb. Morfo de Paisaje	Tipo Relieve	Litología dominante	Forma Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área		Susceptibi. FRM	
											Ha	%		
									cimas redondeadas.					
MH41-89e,f						Terraza aluvial (41)	Depósitos aluviales aislados	Plano de terraza (89)	Pendientes escarpadas (50-75%)	---	3,96	0,01%	4	Terreos en material no consolidado, sobre pendientes escarpadas susceptibles del desarrollo de movimientos en masa
MH17-62 c,e,f,g						Cono aluvial (17)	Depósitos cuaternarios no consolidados de origen aluvial, depósitos de gravas, conglomerados, etc.	Ladera (62)	Pendientes inclinadas (7-12%) a fuertemente escarpada (>75%)	---	114,48	0,38%	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes escarpadas.
MH28-62e						Cono de deyección (28)	Depósitos coluvio aluviales	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%).	---	10,72	0,04%	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas.
MN5-63e,f,g					Fluvio-Glacial (N)	Cumbre de artesas, cumbres andinas (5)	Rocas intrusivas, tipo cuarzodiorita, granodiorita y tonalitas, entre otras, de edad Jurásica y rocas de metamorfismo regional tipo esquistos cuarzo sericiticos, negros y esquistos verdes.	Ladera de circo y artesa (63)	Pendientes muy escarpadas (75-100% y >100%); índice de relieve alto a muy alto, laderas largas a muy largas.	Afectación por terracetos, patas de vaca y desprendimientos del terreno, en moderado grado de erosión.	2074,94	6,86%	4	Terrenos en roca, de pendientes muy escarpadas, alto índice de relieve; susceptible a erosión y movimientos en masa.

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb. Morfo de Paisaje	Tipo Relieve	Litología dominante	Forma Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área		Susceptibi. FRM	
											Ha	%		
MN15-62e						Coluvio (15)	Depósitos de ladera	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%) a fuertemente escarpadas (>75%).	---	149,87	0,50%	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas.
MN44-62e						Vallecito coluvio aluvial (44)	Depósitos cuaternarios no consolidados de origen fluvio glaciar.	Ladera (62)	Pendientes fuertemente quebradas (25-50%)	---	27,27	0,09%	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas.
MN44-103d,e					Vega (103)			Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%).	---	496,18	1,64%	4	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente quebradas.	
PA44-103a,b,d						Vega (44)	Depósitos cuaternarios no consolidados, de origen aluvial.	Vega (103)	Pendientes planas (0-1%) a fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve, formas rectilíneas.	---	328,81	1,09%	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes planas a fuertemente inclinadas; apariencia estable.
PA2-62b,d,e			Deposicional	Piedemonte (P)	Aluvial (A)	Abanico aluvial (2)	Depósitos cuaternarios no consolidados, de origen coluvio aluvial.	Ladera (62)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a fuertemente quebradas (25-50%), muy bajo índice de relieve.	Únicamente se observan áreas inestables en taludes afectados por socavación de orillas, en márgenes de quebradas.	583,77	1,93%	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes moderadamente inclinadas; apariencia estable.
PA2-37a,b,c								Cuerpo, parte media (37)	Pendientes planas (0-3%) a inclinadas (7-12%); muy bajo índice de relieve, laderas extremadamente largas,	No se observan procesos erosivos significativos.	5248,03	17,34%	1	Terrenos en material no consolidado, de pendientes planas a ligeramente planas; apariencia estable.

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb_Morf o de Paisaje	Tipo Relieve	Litología dominante	Forma Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área		Susceptibi. FRM	
											Ha	%		
									rectilíneas.					
PA5-62b						Abanico aluvial reciente (5)	Depósitos cuaternarios no consolidados, de origen coluvio aluvial.	Ladera (62)	Pendientes ligeramente inclinadas (3-7%).	---	211,31	0,70%	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes moderadamente inclinadas; apariencia estable.
PX28-62d					Coluvio aluvial (X)	Cono de deyección (28)	Depósitos cuaternarios no consolidados, de origen coluvio aluvial.	Ladera (62)	Pendientes principalmente fuertemente inclinadas (12-25%) y en menor proporción fuertemente quebradas (25-50%).	---	8,63	0,03%	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas a fuertemente quebradas.
VA28-103c,d	Megacuenca de Sedimentación	Valle Interandino Magdalena	Deposicional	Valle (V)	Aluvial (A)	Vega (28)	Depósitos cuaternarios no consolidados, origen aluvial.	Vega (103)	Pendientes inclinadas (3-7%) a fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve, formas rectilíneas.	No se observan procesos erosivos significativos.	93,32	0,31%	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas; no se observan procesos erosivos significativos
VA28-105a,c,d							Depósitos cuaternarios no consolidados, origen aluvial.	Vega baja, playones, islotes (105)	Pendientes planas (0-3%) a fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve.	No se observan procesos erosivos significativos.	6,12	0,02%	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes moderada a fuertemente inclinadas; no se observan procesos erosivos significativos.

Símbolo	Geoestructura	Provincia Geomorfológica	Ambiente Morfogenético	Paisaje	Amb. Morfo de Paisaje	Tipo Relieve	Litología dominante	Forma Terreno	Morfografía	Morfodinámica	Área		Susceptibi. FRM	
											Ha	%		
VA8-89d						Terraza agradacional (8)	Depósitos cuaternarios, consolidados, origen aluvial.	Plano de terraza (89)	Pendientes fuertemente inclinadas (12-25%), muy bajo índice de relieve.	No se observan procesos erosivos significativos.	11,88	0,04%	2	Terrenos en material no consolidado, de pendientes fuertemente inclinadas; no se observan procesos erosivos significativos.
VA4-104a		Valle interandino Cauca - Patía	Deposicional	Valle (V)	Aluvial (A)	Plano de inundación (4)	Depósitos cuaternarios consolidados, origen aluvial.	Vega alta, sobre vega (104)	Pendientes planas a ligeramente planas (0-3%); muy bajo índice de relieve, laderas extremadamente largas, rectilíneas.	No se observan procesos erosivos significativos.	774,76	2,56%	1	Terrenos en material no consolidado, de pendientes planas a ligeramente planas; no se observan procesos erosivos significativos.
VA4-67a							Depósitos cuaternarios consolidados, origen aluvial.	Meandro (67)	Pendientes planas a ligeramente planas (0-3%); muy bajo índice de relieve, laderas cóncavas, muy cortas.	No se observan procesos erosivos significativos.	227,59	0,75%	1	Terrenos en material no consolidado, de pendientes planas a ligeramente planas; no se observan procesos erosivos significativos.
										RIOS	28,1	0,09%	N/A	No aplica
										TOTAL	30260,08	100,00%		

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.9.2 Unidades de Cobertura

Con base en el levantamiento de cobertura realizado, se determina un análisis de las mismas que permite establecer grupos de cobertura altamente similares las cuales se agrupan para ser cruzadas con la geomorfología agrupada en desarrollo de las unidades de paisaje. En la Tabla 310 se presenta las diferentes coberturas determinadas para el estudio las cuales son agrupadas en virtud de su similar funcionalidad y características morfológicas.

**Tabla 310 Agrupación de las unidades de cobertura**

Descripción	Unidad Paisaje de Cobertura
Bosque de galería y/o ripario	Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta
Vegetación secundaria en transición alta	
Bosque fragmentado	Bosque fragmentado, Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentesherbáceos
Pastos enmalezados	
Vegetación secundaria en transición baja	
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	
Mosaico de pastos y espacios naturales	
Pastos limpios	
Pastos arbolados	
Cultivos permanentes arbustivos	
Cultivo de cacao	
Mosaico de cultivos	
Mosaico de pastos y cultivos	
forestal	
Mosaico de cultivos y espacios naturales	
caña	
Cultivos permanentesherbáceos	
Tierras desnudas y degradadas	
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Lagunas, lagos y ciénagas naturales, cuerpos de agua artificiales y ríos (50 m)
Cuerpos de agua artificiales	
Ríos (50 m)	
Tejido urbano discontinuo	Tejido urbano discontinuo
Arbustal abierto	Arbustalabierto, arbustal denso, bosque denso, Vegetación de páramo y subpáramo
Arbustal denso	
bosque denso	
Vegetación de paramo y subpáramo	
nube	Nube

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.9.3 Determinación de Unidades de paisaje

La unidad de paisaje (landscape, landshaft, geosistema) se constituye en la unidad fundamental de análisis y se define como “una porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, conformada por un conjunto complejo de sistemas producto de la actividad de las rocas, agua, aire, plantas, los animales y el hombre, que por su fisonomía es reconocible y diferenciable de otras vecinas” (Zonneveld, 1979).

La base para la determinación de estas unidades de paisaje se constituye en la geomorfología determinada de acuerdo con el sistema de clasificación geomorfológica Alfred Zinck CIAF – IGAC 1989. Igualmente las coberturas vegetales determinadas por medio de la metodología CorineLandCover.

Cada unidad de paisaje es un área geográfica discreta que agrupa una serie de ecosistemas relativamente similares en un marco de geogénesis común y dentro del cual existe cierta homogeneidad en cuanto a condiciones ambientales.

Igualmente estas unidades de paisaje se integran por productos del medio natural que definen porciones tridimensionales de la superficie terrestre, resultado de los mismos procesos de geogénesis, que se describen en términos de las mismas características climáticas, morfológicas, de material parental (litología) y de edad, al interior de las cuales se han determinado coberturas similares para imprimirles a estas unidades de paisaje un mayor grado de detalle y por consiguiente una alta similitud, describiendo implícitamente en su denominación sus características tanto geomorfológicas como de coberturas.

Como resultado del proceso de fusión de la geomorfología y las coberturas vegetales identificadas, se establecen 16 unidades de paisajes que son identificables del potencial universos referido al área de estudio las cuales se presentan en la Tabla 311 determinando igualmente su área y porcentaje. Adicionalmente en el Mapa 9-EEB-TES-AMB-CONCOL-5074-1-EEB, se presenta la distribución espacial de las unidades de paisaje del área de estudio.

**Tabla 311 Unidades de Paisaje determinadas en el área de estudio**

No.	Descripción de las unidades de Paisaje		Símbolo	Área de influencia Indirecta		Área de influencia Directa	
	Unidad Geomorfológica	Unidad de Cobertura		Hectáreas	Porcentaje %	Hectáreas	Porcentaje %
1		Bosque de galería y/o ripario	M1	2295,32	7,59	50,75	6,99
		Vegetación secundaria alta					
2	Montaña	Bosque fragmentado	M2	14300,30	47,26	406,64	56,02
		Cacao					
		Café					
		Cereales					
		Cultivos permanentes arbustivos					
		Mosaico de cultivos					
		Mosaico de cultivos y espacios naturales					
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales					
		Mosaico de pastos con espacios naturales					
		Mosaico de pastos y cultivos					
		Pastos arbolados					
		Pastos enmalezados					
		Pastos limpios					
		Plantación forestal					
		Tierras desnudas y degradadas					
Vegetación secundaria baja							
3		Ríos (50 m)	M3	44,27	0,15	0,70	0,10
4		Tejido urbano discontinuo	M4	2,31	0,01	0,00	0,00

No.	Descripción de las unidades de Paisaje		Símbolo	Área de influencia Indirecta		Área de influencia Directa	
	Unidad Geomorfológica	Unidad de Cobertura		Hectáreas	Porcentaje %	Hectáreas	Porcentaje %
5		Arbustal abierto	M5	5294,17	17,50	103,95	14,32
		Arbustal denso					
		Bosque denso					
		Vegetación de Páramo y Subpáramo					
6		Nube	M6	689,13	2,28	7,53	1,04
7		Bosque de galería y/o ripario	P1	0,74	0,00	0,00	0,00
8	Lomerío	Mosaico de pastos con espacios naturales	P2	95,02	0,31	2,64	0,36
		Pastos arbolados					
		Pastos enmalezados					
		Pastos limpios					
		Vegetación secundaria baja					
9		Bosque de galería y/o ripario	D1	81,88	0,27	2,42	0,33
		Vegetación secundaria alta					
10	Piedemonte	Caña	D2	6250,94	20,66	130,84	18,02
		Cereales					
		Cultivos permanentes herbáceos					
		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales					
		Mosaico de pastos con espacios naturales					
		Mosaico de pastos y cultivos					
Pastos arbolados							

No.	Descripción de las unidades de Paisaje		Símbolo	Área de influencia Indirecta		Área de influencia Directa	
	Unidad Geomorfológica	Unidad de Cobertura		Hectáreas	Porcentaje %	Hectáreas	Porcentaje %
		Pastos enmalezados					
		Pastos limpios					
		Vegetación secundaria baja					
11		Ríos (50 m)	D3	12,07	0,04	0,13	0,02
12		Nube	D6	52,14	0,17	0,85	0,12
13	Valle	Vegetación secundaria alta	V1	10,21	0,03	0,00	0,00
14		Caña	V2	1065,75	3,52	19,20	2,64
		Mosaico de cultivos					
		Mosaico de cultivos y espacios naturales					
		Mosaico de pastos y cultivos					
		Pastos arbolados					
		Pastos enmalezados					
		Pastos limpios					
		Tierras desnudas y degradadas					
Vegetación secundaria baja							
15		Ríos (50 m)	V3	18,20	0,06	0,07	0,01
16		Tejido urbano discontinuo	V4	19,50	0,06	0,00	0,00
Rio		Ríos (50 m)	RIO	28,13	0,09	0,19	0,03
				30260,08	100,00	725,90	100,00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Unidades de paisaje del sector "Las mercedes"**

A continuación se describen las unidades de paisaje identificadas y caracterizadas en el sector de las mercedes.

En primer lugar se ubica la unidad de paisaje M5 la cual hace referencia al paisaje geomorfológico de montaña igual con coberturas asociadas de Arbustal abierto, arbustal denso, bosque denso, Vegetación de paramo y sub paramo, esta unidad representa el 27.33 % y M6 es la unidad con paisaje geomorfológico montaña y sin cobertura definida debido a la nubosidad, esta unidad cubre el 24,80 % del sector; la unidad de paisaje D2 es igual a paisaje geomorfológico piedemonte con coberturas de Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentes herbáceos. el cual representa el 21,42 %, el paisaje M2 hace referencia al paisaje geomorfológico de montaña con coberturas asociadas como Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentes herbáceos., esta unidad representa el 15.81 %; el paisaje llamado M1 hace referencia al paisaje geomorfológico de montaña con coberturas de Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta, esta unidad representa el 1.09 % del sector y finalmente se encuentran las unidades de paisaje D6 Y D1 hacen referencia los paisaje geomorfológicos de piedemonte con coberturas de lagos, lagunas y ciénagas naturales y a nubes.

**Tabla 312 Unidades de paisaje del sector "Las mercedes"**

Unidades de paisaje	Cubrimiento	
	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
M5	1129,56	27,33%
M6	1025,17	24,80%
D2	885,38	21,42%
M2	653,34	15,81%
M1	364,45	8,82%
D6	45,22	1,09%
D1	30,13	0,73%
<b>Total</b>	<b>4133,24</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### 3.2.9.4 Evaluación y análisis del paisaje

Determinadas las unidades de paisaje se realiza sobre estas la evaluación y análisis del paisaje desde su perspectiva visual y funcional lo que permite establecer la percepción de la totalidad de los elementos que los integran o rodean, paisajes que son observados de forma diferencial y particular por los observadores en relación con los aspectos relacionados con educación, cultura, estrato socio económico, origen, hábitos y edad, entre otros.

La evaluación y análisis del paisaje tiene como marco de referencia las unidades de paisaje identificadas en razón a su alta homogeneidad, las cuales son valoradas considerando atributos claramente visibles en imágenes de sensores remotos y en terreno como son la morfología de las mismas, las coberturas, los usos y en general los recursos naturales conexos.

Los principales aspectos aplicados a la evaluación y el análisis del paisaje bajo la premisa de la percepción visual corresponden a los siguientes.

Calidad visual, que define la presencia de valores estéticos en un medio, tales como, geoforma específica con la presencia de vegetación, cuerpos de agua, contraste de color, fondo escénico en la profundidad, rareza y actuación humana

Potencial estético, hace referencia a las principales características que determina un paisaje especialmente de orden biofísico y arquitectónico, que puedan tener un valor al ser visualizados por un observador o grupo de observadores.

La fragilidad visual y capacidad de absorción, que mide el grado de deterioro que un paisaje experimentaría ante la incidencia de determinadas actuaciones

Accesibilidad visual, que se define como la facilidad con la que se puede observar un punto desde diferentes líneas de visualización.

- **Calidad visual del paisaje**

Para la evaluación de la calidad visual del paisaje se utilizó el método indirecto del Bureau of Land Management (BLM, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración y la suma total de los puntajes parciales determina la clase de calidad visual, por comparación con una escala de referencia. En la Tabla 313 se presenta los criterios metodológicos de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje (BLM 1980).

**Tabla 313 Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje BLM (1980)**

Componente	Criterios de valoración y puntuación		
<b>Geomorfología o Morfología</b>	Relieve montañoso, marcado y prominente o bien releve de gran variedad superficial o muy erosionado, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante 5	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales 3	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular 1
<b>Vegetación</b>	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante 5	Alguna variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos 3	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación 1
<b>Agua</b>	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo 5	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje 3	Ausente o inapreciable 0
<b>Color</b>	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables. 5	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante 3	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados 1
<b>Fondo escénico</b>	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual 5	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto 3	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto 0
<b>Singularidad o Rareza</b>	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional 6	Característico, o aunque similar a otros en la región 2	Bastante común en la región 1
<b>Actuación humana</b>	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual 3	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual. 1	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica 0

Fuente: Bureau of Land Management

Se presenta en la Tabla 314 las clases utilizadas para evaluar la calidad visual.

**Tabla 314 Clases utilizadas para evaluar la calidad visual y puntaje**

Clase	Descripción
<b>Clase A</b>	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes (puntaje del 19-39)
<b>Clase B</b>	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales ( puntaje del 12-18)
<b>Clase C</b>	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura. (puntaje de 0-11)

Fuente: Bureau of Land Management

Se presenta en la Tabla 315 el valor de la calidad visual realizada para la totalidad de las unidades de paisaje identificadas en el área de estudio

**Tabla 315 Evaluación de la calidad visual para cada unidad de paisaje**

Símbolo	Geomorfología o Morfología	Vegetación	Agua	Color	Fondo escénico	Singularidad o Rareza	Actuación Humana	Puntuación	Clase de Calidad Visual
M1	3	5	5	3	0	2	0	18	B
M2	3	5	3	3	5	2	2	23	A
M3	5	3	5	3	5	2	2	25	A
M4	3	1	3	3	5	1	2	18	B
M5								0	
M6								0	
P1	3	5	5	3	0	2	0	18	B
P2	3	3	3	3	5	2	2	21	A
D1	3	3	5	3	0	2	2	18	B
D2	3	3	3	3	3	1	2	18	B
D3	3	3	5	1	3	2	2	19	B
D6								0	
V1	3	3	5	3	0	2	2	18	B
V2	3	3	0	3	5	1	2	17	B
V3	3	1	3	1	0	1	2	11	C
V4	3	1	0	1	3	1	2	11	C

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Conclusiones de la calidad visual del paisaje

Tanto para el área de influencia indirecta como para el área de influencia directa en el primer lugar se encuentran las áreas con calidad alta. Con el 47,72 % (AII) y 56,48 (AID), en el segundo lugar se encuentran las áreas de calidad media con 32,12 % para el área de influencia indirecta y el 28,01 % para el área de influencia directa. Y finalmente las áreas con calidad baja menos al uno por ciento en las dos áreas, cabe resaltar que en la parte inferior de la Tabla 316 se encuentra unas áreas que corresponden a áreas de paramo y subparamo y nubes las cuales no fueron posible caracterizar.

Se presenta en el Mapa 9-EEB-TES-AMB-CONCOL-5074-1-EEB, la figura correspondiente a la distribución espacial de las categorías de calidad visual para cada una de las unidades de paisaje del área de estudio.

**Tabla 316 Área y porcentaje de las categorías de calidad visual**

Símbolo	Categorías	Descripción	Área de Influencia Indirecta		Área de influencia Directa	
			Área (ha)	%	Área (ha)	%
A	Áreas de calidad alta	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes (puntaje del 19-39)	14439,60	47,72	409,98	56,48
B	Áreas de calidad media	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales (puntaje del 12-18)	9719,22	32,12	203,33	28,01
C	Áreas de calidad baja	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, Línea y textura (puntaje de 0-11)	37,70	0,12	0,07	0,01
<b>Nubes y áreas de paramo</b>			6063,56	20,04	112,51	15,50
<b>Total</b>			<b>30.260,08</b>	<b>100,00</b>	<b>725,90</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Potencial estético**

La determinación del potencial estético del paisaje se sustenta en la metodología de Seoáñez, 1998, la cual evalúa los elementos biofísicos y arquitectónicos, a los cuales se les asigna un peso según su importancia en un paisaje normalizado o estándar determinado y una calificación que surge de la evaluación de cada unidad de paisaje, los cuales se multiplican y se suman, a continuación se presenta de forma discriminada la metodología.

**Tabla 317 Expresión potencial estético total**

<b>Potencial Estético Total</b>	=	<b>(suma elementos biofísicos + suma elementos arquitectónicos)/2</b>
---------------------------------	---	---

Fuente: Seoáñez, 1998,

**Tabla 318 Expresión potencial estético de los elementos biofísicos**

<b>Potencial Estético (elementos biofísicos)</b>	=	<b>Suma (Peso de elemento en el paisaje estándar*calificación obtenida)</b>
--	---	---

Fuente: Seoáñez, 1998,

En la Tabla 319 se presentan los pesos de un paisaje estándar para los elementos biofísicos

**Tabla 319 Elementos biofísicos y sus pesos**

Elemento	Peso
<b>Forma del terreno (geomorfología)</b>	5
<b>Suelo y roca</b>	3
<b>Agua</b>	5
<b>Vegetación</b>	4
<b>Fauna</b>	3
<b>Clima</b>	3
<b>Actuación antrópica</b>	3

Fuente: Seoáñez, 1998

**Tabla 320 Expresión potencial estético de los elementos arquitectónicos**

<b>Potencial Estético (elementos arquitectónicos)</b>	=	<b>Suma (Peso de elemento en el paisaje estándar*calificación obtenida)</b>
---	---	---

Fuente: Seoáñez, 1998

En la Tabla 321 se presentan los pesos de un paisaje estándar para los elementos arquitectónicos

**Tabla 321 Elementos arquitectónicos**

Elemento	Peso
<b>Forma</b>	5
<b>Escala-espacio</b>	5
<b>Ejes-línea</b>	4
<b>Textura</b>	3
<b>Color</b>	5
<b>Fondo escénico</b>	3

Fuente: Seoáñez, 1998

Estos pesos son determinados de acuerdo con la máxima calificación que puede darse en un paisaje en donde todos los elementos se presentan en su máxima expresión. Es decir que la resultante es un paisaje que suscita el agrado de la mayoría de los espectadores que lo aprecian desde un determinado punto. En la Tabla 322 se presenta el valor de los elementos en la composición biofísica y composición arquitectónica.

**Tabla 322 Valor de los elementos en la composición biofísica y arquitectónica.**

Peso	Descripción
<b>0</b>	sin importancia
<b>1</b>	muy poco importante
<b>2</b>	poco importante
<b>3</b>	de cierta importancia
<b>4</b>	Importante
<b>5</b>	muy importante

Fuente: Seoáñez, 1998

El potencial estético total del paisaje se calcula con los valores obtenidos de los elementos biofísicos y arquitectónicos, los cuales se suman y promedian, para obtener el

valor que se compara con la escala de ponderación. En la Tabla 323 se presenta la escala de ponderación para clasificar el potencial estético del paisaje

**Tabla 323 Escala de ponderación para clasificar el potencial estético del paisaje**

Rango	Potencial estético del paisaje
< 40	Muy bajo
40-70	Bajo
70-100	Medio
100-150	Alto
> 150	Muy alto

Fuente: Seoáñez, 1998

El análisis del potencial estético del paisaje se realiza para la totalidad de las unidades de paisaje identificadas en el área de estudio, la cual se presenta en la Tabla 324.

**Tabla 324 Evaluación del Potencial Estético para cada unidad de paisaje**

Descripción de las unidades de paisaje		Símbolo	Elemento biofísico				Elemento arquitectónico				Escala de ponderación	Potencia l Estético
Unidad Geomorfológica	Unidad de cobertura		Paisaje estándar		Calificación en campo (0 - 5)	Potencial Estético (elemento biofísico)	Paisaje estándar		Calificación en campo (0 - 5)	Potencial Estético (elemento arquitectónico)		
			Elemento	Peso			Elemento	Peso				
montaña	Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta	M1	Forma del terreno (geomorfología)	5	4	20	Forma	5	4	20	87	M
			Suelo y roca	3	4	12	Escala-espacio	5	3	15		
			Agua	5	4	20	Ejes-línea	4	3	12		
			Vegetación	4	3	12	Textura	3	3	9		
			Fauna	3	3	9	Color	5	3	15		
			Clima	3	4	12	Fondo escénico	3	1	3		
			Actuación antrópica	3	5	15	-	-	-	-		
			<b>Sumatoria</b>				<b>100</b>	<b>Sumatoria</b>				
montaña	Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentes herbáceos	M2	Forma del terreno (geomorfología)	5	3	15	Forma	5	5	25	106	A
			Suelo y roca	3	3	9	Escala-espacio	5	5	25		
			Agua	5	3	15	Ejes-línea	4	4	16		
			Vegetación	4	4	16	Textura	3	5	15		
			Fauna	3	4	12	Color	5	5	25		
			Clima	3	4	12	Fondo escénico	3	5	15		
			Actuación antrópica	3	4	12	-	-	-	-		
			<b>Sumatoria</b>				<b>91</b>	<b>Sumatoria</b>				
montaña	Lagunas, lagos y ciénagas naturales,	M3	Forma del terreno (geomorfología)	5	3	15	Forma	5	4	20	90,5	M

Descripción de las unidades de paisaje		Símbolo	Elemento biofísico			Elemento arquitectónico				Escala de ponderación	Potencial Estético	
	cuerpos de agua artificiales y ríos (50 m)			Suelo y roca	3	3	9	Escala-espacio	5			4
			Agua	5	4	20	Ejes-línea	4	3	12		
			Vegetación	4	4	16	Textura	3	3	9		
			Fauna	3	2	6	Color	5	3	15		
			Clima	3	3	9	Fondo escénico	3	5	15		
			Actuación antrópica	3	5	15	-	-	-	-		
			<b>Sumatoria</b>			<b>90</b>	<b>Sumatoria</b>			<b>91</b>		
montaña	Tejido urbano discontinuo	M4	Forma del terreno (geomorfología)	5	4	20	Forma	5	3	15	78	M
			Suelo y roca	3	3	9	Escala-espacio	5	4	20		
			Agua	5	3	15	Ejes-línea	4	3	12		
			Vegetación	4	2	8	Textura	3	3	9		
			Fauna	3	0	0	Color	5	3	15		
			Clima	3	2	6	Fondo escénico	3	4	12		
			Actuación antrópica	3	5	15	-	-	-	-		
			<b>Sumatoria</b>			<b>73</b>	<b>Sumatoria</b>			<b>83</b>		
montaña	Arbustalabierto, arbustal denso, bosque denso, Vegetación de páramo y subpáramo	M5	Forma del terreno (geomorfología)	5		0	Forma	5		0	0	
			Suelo y roca	3		0	Escala-espacio	5		0		
			Agua	5		0	Ejes-línea	4		0		
			Vegetación	4		0	Textura	3		0		
			Fauna	3		0	Color	5		0		

Descripción de las unidades de paisaje		Símbolo	Elemento biofísico			Elemento arquitectónico			Escala de ponderación	Potencial Estético
			Clima	3		0	Fondo escénico	3		
		Actuación antrópica	3		0	-	-		-	
		<b>Sumatoria</b>			<b>0</b>	<b>Sumatoria</b>			<b>0</b>	
motaña	Nube	M6	Forma del terreno (geomorfología)	5		0	Forma	5		0
			Suelo y roca	3		0	Escala-espacio	5		0
			Agua	5		0	Ejes-línea	4		0
			Vegetación	4		0	Textura	3		0
			Fauna	3		0	Color	5		0
			Clima	3		0	Fondo escénico	3		0
			Actuación antrópica	3		0	-	-		-
		<b>Sumatoria</b>			<b>0</b>	<b>Sumatoria</b>			<b>0</b>	
Loma	Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta	P1	Forma del terreno (geomorfología)	5	3	15	Forma	5	4	20
			Suelo y roca	3	5	15	Escala-espacio	5	3	15
			Agua	5	5	25	Ejes-línea	4	3	12
			Vegetación	4	3	12	Textura	3	3	9
			Fauna	3	3	9	Color	5	4	20
			Clima	3	3	9	Fondo escénico	3	0	0
			Actuación antrópica	3	4	12	-	-		-
		<b>Sumatoria</b>			<b>97</b>	<b>Sumatoria</b>			<b>76</b>	
Loma	Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con	P2	Forma del terreno (geomorfología)	5	4	20	Forma	5	4	20
			Suelo y roca	3	3	9	Escala-espacio	5	3	15
			Agua	5	3	15	Ejes-línea	4	3	12

Descripción de las unidades de paisaje		Símbolo	Elemento biofísico			Elemento arquitectónico				Escala de ponderación	Potencial Estético	
	espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentes herbáceos.			Vegetación	4	3	12	Textura	3			3
			Fauna	3	3	9	Color	5	2	10		
			Clima	3	3	9	Fondo escénico	3	5	15		
			Actuación antrópica	3	5	15	-	-		-		
			<b>Sumatoria</b>			<b>89</b>	<b>Sumatoria</b>			<b>81</b>		
piedemonte	Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta	D1	Forma del terreno (geomorfología)	5	3	15	Forma	5	4	20	89	M
			Suelo y roca	3	5	15	Escala-espacio	5	3	15		
			Agua	5	5	25	Ejes-línea	4	3	12		
			Vegetación	4	3	12	Textura	3	3	9		
			Fauna	3	3	9	Color	5	5	25		
			Clima	3	3	9	Fondo escénico	3	0	0		
			Actuación antrópica	3	4	12	-	-		-		
			<b>Sumatoria</b>			<b>97</b>	<b>Sumatoria</b>			<b>81</b>		
piedemonte	Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios	D2	Forma del terreno (geomorfología)	5	3	15	Forma	5	4	20	84	M
			Suelo y roca	3	2	6	Escala-espacio	5	4	20		
			Agua	5	2	10	Ejes-línea	4	3	12		
			Vegetación	4	4	16	Textura	3	4	12		
			Fauna	3	2	6	Color	5	3	15		
			Clima	3	4	12	Fondo escénico	3	4	12		
			Actuación antrópica	3	4	12	-	-		-		

Descripción de las unidades de paisaje		Símbolo	Elemento biofísico				Elemento arquitectónico				Escala de ponderación	Potencial Estético
	naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentesherbáceos		Sumatoria			77	Sumatoria			91		
piedemonte	Lagunas, lagos y ciénagas naturales, cuerpos de agua artificiales y ríos (50 m)	D3	Forma del terreno (geomorfología)	5	4	20	Forma	5	4	20	83	M
			Suelo y roca	3	4	12	Escala-espacio	5	3	15		
			Agua	5	2	10	Ejes-línea	4	3	12		
			Vegetación	4	3	12	Textura	3	3	9		
			Fauna	3	2	6	Color	5	4	20		
			Clima	3	3	9	Fondo escénico	3	3	9		
			Actuación antrópica	3	4	12	-	-	-	-		
			<b>Sumatoria</b>			<b>81</b>		<b>Sumatoria</b>		<b>85</b>		
piedemonte	Nube	D6	Forma del terreno (geomorfología)	5		0	Forma	5		0	0	
			Suelo y roca	3		0	Escala-espacio	5		0		
			Agua	5		0	Ejes-línea	4		0		
			Vegetación	4		0	Textura	3		0		
			Fauna	3		0	Color	5		0		
			Clima	3		0	Fondo escénico	3		0		
			Actuación antrópica	3		0	-	-		-		
			<b>Sumatoria</b>			<b>0</b>		<b>Sumatoria</b>		<b>0</b>		
valle	Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta	V1	Forma del terreno (geomorfología)	5	5	25	Forma	5	4	20	101	A
			Suelo y roca	3	4	12	Escala-espacio	5	4	20		
			Agua	5	5	25	Ejes-línea	4	5	20		

Descripción de las unidades de paisaje		Símbolo	Elemento biofísico			Elemento arquitectónico			Escala de ponderación	Potencial Estético
			Vegetación	4	3	12	Textura	3		
		Fauna	3	3	9	Color	5	4	20	
		Clima	3	3	9	Fondo escénico	3	4	12	
		Actuación antrópica	3	2	6	-	-	-	-	
		<b>Sumatoria</b>	<b>98</b>			<b>Sumatoria</b>	<b>104</b>			
valle	Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentes herbáceos.	V2	Forma del terreno (geomorfología)	5	3	15	Forma	5	3	15
			Suelo y roca	3	3	9	Escala-espacio	5	2	10
			Agua	5	1	5	Ejes-línea	4	4	16
			Vegetación	4	2	8	Textura	3	4	12
			Fauna	3	0	0	Color	5	3	15
			Clima	3	4	12	Fondo escénico	3	4	12
			Actuación antrópica	3	5	15	-	-	-	-
			<b>Sumatoria</b>	<b>64</b>			<b>Sumatoria</b>	<b>80</b>		
valle	Lagunas, lagos y ciénagas naturales, cuerpos de agua artificiales y ríos (50 m)	V3	Forma del terreno (geomorfología)	5	5	25	Forma	5	4	20
			Suelo y roca	3	3	9	Escala-espacio	5	5	25
			Agua	5	5	25	Ejes-línea	4	3	12
			Vegetación	4	3	12	Textura	3	4	12
			Fauna	3	3	9	Color	5	5	25
			Clima	3	4	12	Fondo escénico	3	3	9
			Actuación antrópica	3	4	12	-	-	-	-
								<b>103,5</b>	<b>A</b>	

Descripción de las unidades de paisaje		Símbolo	Elemento biofísico			Elemento arquitectónico				Escala de ponderación	Potencial Estético	
			Sumatoria			104	Sumatoria					103
valle	Tejido urbano discontinuo	V4	Forma del terreno (geomorfología)	5	3	15	Forma	5	4	20	70	B
			Suelo y roca	3	3	9	Escala-espacio	5	3	15		
			Agua	5	1	5	Ejes-línea	4	2	8		
			Vegetación	4	2	8	Textura	3	4	12		
			Fauna	3	1	3	Color	5	3	15		
			Clima	3	4	12	Fondo escénico	3	1	3		
			Actuación antrópica	3	5	15	-	-	-	-		
			<b>Sumatoria</b>				<b>67</b>	<b>Sumatoria</b>				

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

## Conclusiones del potencial estético

De acuerdo con la evaluación del potencial estético para cada unidad de paisaje realizada anteriormente se determina la siguiente distribución para el área de influencia indirecta, alto potencial estético con un 47,35% que representa un área de 14.328,72 hectáreas, seguida por el potencial estético medio con un 32,55 % que representa un área de 9.848.30 hectáreas, para el tercer lugar se define al potencial estético bajo con un 0.06 % que corresponde a un área de 19.5 hectáreas.

Para el área de influencia directa se presenta la misma distribución de las categorías de potencial estético, potencial estético alto 56,03 % (406.71 hectáreas), potencial estético medio 28,47 % (206.68 hectáreas), en el área de influencia directa solo se presentan las categorías alta y media; En la Tabla 325 se presentan los resultados de la evaluación del potencial estético con sus áreas y porcentajes.

Se presenta en el Mapa 9-EEB-TES-AMB-CONCOL-5074-1-EEB, la figura correspondiente a la distribución espacial de las categorías de potencial estético para cada una de las unidades de paisaje del área de estudio.

**Tabla 325 Área y porcentaje de las categorías de potencial estético**

POTENCIAL ESTETICO DE LAS UNIDADES DE PAISAJE EN EL AREA DE ESTUDIO						
Símbolo	Categoría	Interpretación	Área de Influencia Indirecta		Área de influencia Directa	
			Área (ha)	%	Área (ha)	%
<b>A</b>	Alto	100,1-150	14328,72	47,35	406,71	56,03
<b>M</b>	Medio	70,1-100	9848,30	32,55	206,68	28,47
<b>B</b>	Bajo	40,1-70	19,50	0,06	0,00	0,00
Nubes y áreas de páramo			6063,56	20,04	112,51	15,50
<b>Total</b>			<b>30260,08</b>	<b>100,00</b>	<b>725,90</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Fragilidad visual y capacidad de absorción del paisaje**

De acuerdo con la metodología Yeomans 1.986 se define que la fragilidad visual corresponde a la susceptibilidad que tiene el paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él y la capacidad de absorción, es la cualidad que tiene el paisaje para acoger acciones propuestas sin que se produzcan variaciones en su carácter visual. De lo anterior se determina un carácter inversamente proporcional de estos dos conceptos.

Para determinar la fragilidad visual o la capacidad de absorción visual del paisaje, se asignan puntajes a un conjunto de factores del paisaje considerados determinantes de esta propiedades.

Los puntajes obtenidos se ingresan a la fórmula que determina la capacidad de absorción visual del paisaje (CAV), la cual se presenta a continuación :

$$CAV = Px(E+R+D+C+V)$$

Donde:

P= Pendiente  
 E=Erosionalidad  
 R=Potencial  
 D=Diversidad de la vegetacion  
 C= Contraste de color  
 V=Actuacion humana

En la Tabla 326 se presentan los factores, condiciones y sus puntajes nominales y numericos del paisaje, determinantes de su capacidad de absorcion visual CAV.

**Tabla 326 Factores del paisaje determinantes de su capacidad de absorción visual CAV (Yeomans, 1986)**

Factor	Condiciones	Puntajes	Nominal Numérico
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1
	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-25% de pendiente)	Alto	3
Estabilidad del suelo y erosionalidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Bajo	1
	Potencial moderado	Moderado	2
	Potencial alto	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1
	Coníferas, repoblaciones.	Moderado	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3
Actuación humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3
	Presencia moderada	Moderado	2
	Casi imperceptible	Bajo	1
Contrastes de color (V)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1
	Contraste visual moderado	Moderado	2
	Contraste visual alto	Alto	3

Fuente: Yeomans, 1986

En la Tabla 327 se presentan las categorías utilizadas para evaluar la capacidad de absorcion visual del paisaje, según su resultado, asignándole una clase de acuerdo a la escala de referencia.

**Tabla 327 Escala de referencia para la estimación de la capacidad de absorción visual del paisaje**

Clase	Escala
Bajo	< 15
Moderado	15-30
Alto	> 30

Fuente: Yeomans, 1986

En la Tabla 328 se presenta el análisis de la fragilidad visual o capacidad de absorción de la totalidad de las unidades de paisaje identificadas

**Tabla 328 Evaluación de la capacidad de absorción visual para las unidades de paisaje**

No	Descripción de las unidades de paisaje		Símbolo	Pendiente (P)	Estabilidad del suelo (E)	Potencial estético (R)	Diversidad de Vegetación (D)	Actuación humana (C)	Contraste de color (V)	CAV	Capacidad de absorción
	Unidad Geomorfológica	Unidad de cobertura									
1	montaña	Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta	M1	1	1	3	3	1	1	9	B
2	montaña	Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentes herbáceos.	M2	2	2	3	2	3	2	14	B
3	montaña	Lagunas, lagos y ciénagas naturales, cuerpos de agua artificiales y ríos (50 m)	M3	3	3	2	2	3	2	15	M
4	montaña	Tejido urbano discontinuo	M4	3	1	2	2	3	2	13	B
5	montaña	Arbustalabierto, arbustal denso, bosque denso, Vegetación de páramo y subpáramo	M5							0	
6	montaña	Nube	M6							0	
7	Loma	Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta	P1	2	2	3	3	1	1	20	M
8	Loma	Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentes herbáceos.	P2	2	2	2	2	3	2	13	B
9	pedemonte	Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta	D1	1	1	3	2	2	2	11	B

No	Descripción de las unidades de paisaje		Símbolo	Pendiente (P)	Estabilidad del suelo (E)	Potencial estético (R)	Diversidad de Vegetación (D)	Actuación humana (C)	Contraste de color (V)	CAV	Capacidad de absorción
	Unidad Geomorfológica	Unidad de cobertura									
10	pedemonte	Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentesherbáceos.	D2	3	2	1	2	3	2	30	M
11	pedemonte	Lagunas, lagos y ciénagas naturales, cuerpos de agua artificiales y ríos (50 m)	D3	2	3	3	1	2	3	24	M
12	pedemonte	Nube	D6							0	
13	valle	Bosque de galería y/o ripario y vegetación secundaria alta	V1	3	3	3	3	1	1	33	A
14	valle	Pastos enmalezados, vegetación secundaria baja, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios, pastos arbolados, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos y espacios naturales, zonas quemadas y tierras desnudas y degradadas, cultivo de cacao, caña, Cultivos permanentesherbáceos.	V2	1	2	2	1	3	1	10	B
15	valle	Lagunas, lagos y ciénagas naturales, cuerpos de agua artificiales y ríos (50 m)	V3	3	3	3	1	2	3	36	A
16	valle	Tejido urbano discontinuo	V4	1	2	3	1	3	2	12	B
RIO										0	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Conclusiones de la capacidad de absorción visual

De acuerdo con la evaluación de la capacidad de absorción visual para las unidades de paisaje se presenta en la Tabla 329 las áreas y porcentajes de las categorías de fragilidad visual y capacidad de absorción, las cuales para el área de influencia indirecta determina en primer lugar la categoría de capacidad de absorción moderada con un 59,02% que representa una superficie de 17.860,08 hectáreas, la categoría de capacidad de absorción baja presenta un 20,85 % que equivale a un área de 6.308,02 hectáreas, en tercer lugar se encuentran las áreas de páramo y nubes y en el cuarto y último lugar se determina que la capacidad de absorción alta presenta un área de 28,41 hectáreas que corresponde a un 0,09%.

Por el contrario en el área de influencia directa se encuentra en primer lugar la categoría de absorción baja con el 66,35% que representa una superficie de 481,65 ha, en el segundo lugar la categoría de capacidad de absorción moderada con el 18,14%, que representan 131,67 hectáreas y en el tercer lugar las áreas de páramo y nubes. En el cuarto lugar se ubica la categoría de absorción alta con 28,41 hectáreas que representan el 0,09 %.

Se presenta en el Mapa 9-EEB-TES-AMB-CONCOL-5074-1-EEB, la figura correspondiente a la distribución espacial de las clases de capacidad de absorción visual para cada una de las unidades de paisaje del área de estudio.

**Tabla 329 Área y porcentaje de categorías de capacidad de absorción**

Símbolo	Categoría	Interpretación	Área de Influencia Indirecta		Área de influencia Directa	
			Área (ha)	%	Área (ha)	%
M	Capacidad de Absorción Moderada	15-30	17860,08	59,02	131,67	18,14
B	Capacidad de Absorción Baja	< 15	6308,02	20,85	481,65	66,35
Nubes y áreas de páramo			6063,56	20,04	112,51	15,50
A	Capacidad de Absorción Alta	> 30	28,41	0,09	0,07	0,01
<b>Total</b>			<b>30.260,08</b>	<b>100,00</b>	<b>725,90</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Accesibilidad visual- Intervisibilidad**

El desarrollo del análisis de la accesibilidad visual o inter visibilidad se realizó por medio del método de Steinitz (1979), el cual tiene en cuenta el análisis de un punto desde tres distancias diferentes, denominadas cuencas visuales las cuales están en función de la distancia: próximas de 0 a 200 m, media de 200 a 800 m y lejana de 800 a 2600 m.

Para este análisis se tuvo en cuenta puntos promedio localizados en las diferentes unidades de paisaje establecidas, las cuales se encontraban en asocio a las vías de comunicación, la concentración y el movimiento de la población. En la Tabla 330 se presenta la evaluación de la accesibilidad visual para cada unidad de paisaje determinada en el área de estudio.

**Tabla 330 Evaluación de la accesibilidad visual – Intervisibilidad**

Símbolo	Accesibilidad visual o inter visibilidad
M1	Próxima
M2	Lejana
M3	PROXIMA
M4	Lejana
M5	Próxima
M6	
P1	Próxima
P2	Media
D1	PROXIMA
D2	Media
D3	Media
D6	
V1	Media

Símbolo	Accesibilidad visual o inter visibilidad
V2	Media
V3	PROXIMA
V4	Media

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

### Conclusiones de la accesibilidad visual – Intervisibilidad

Con base en la evaluación de la accesibilidad visual realizada para cada unidad de paisaje se presenta en la Tabla 331 las áreas y porcentajes, en términos de accesibilidad visual, lo que determina que para el área de influencia indirecta el 47.27% con una extensión de 14.302.61 hectáreas se encuentra en la categoría de accesibilidad lejana con una visual comprendida entre los 800 a 2600 metros, el 24.63 % que representa un área de 7.453.50 hectáreas se encuentran en la categoría de accesibilidad media con una visual entre los 200 a 800 metros, en el tercer lugar se encuentran las áreas de paramo y nubes y el restante 8.06 % que equivale a una superficie de 2.440,40 hectáreas se identifica a la categoría de accesibilidad próxima que define una visual menor de 200 metros.

Respecto del área de influencia directa esta se comporta de forma similar al área de influencia indirecta, estableciendo que la categoría media lejana de 800 a 2.600 metros posee un 56.02 % (406.64 hectáreas) de 200 a 800 metros posee un 21.05 % (152,81 hectáreas), y la categoría próxima de 0 a 200 metros define un 7,43% (53.94 hectáreas).

Se presenta en el Mapa 9-EEB-TES-AMB-CONCOL-5074-1-EEB, la figura correspondiente a la distribución espacial de la accesibilidad visual para cada una de las unidades de paisaje del área de estudio.

**Tabla 331 Área y porcentaje de la accesibilidad visual**

Categoría	Interpretación	Área de Influencia Indirecta		Área de influencia Directa	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%
Lejana	De 800 a 2600 metros	14302,61	47,27	406,64	56,02
Media	De 200 a 800 metros	7453,50	24,63	152,81	21,05
Nubes y áreas de páramo		6063,56	20,04	112,51	15,50
Próxima	De 0 a 200 metros	2440,40	8,06	53,94	7,43
<b>Total</b>		<b>30260,08</b>	<b>100,00</b>	<b>725,90</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Síntesis de la evaluación y análisis del paisaje**

Se presenta en la Tabla 332 una síntesis de los resultados referidos a calidad visual, potencial estético, capacidad de absorción y accesibilidad, de todas y cada una de las unidades de paisaje que integran el área de estudio, lo que resume los resultados del análisis del paisaje por cada unidad de paisaje.

**Tabla 332 Síntesis de los resultados de calidad visual, potencial estético, capacidad de absorción y accesibilidad para las unidades de paisaje**

No	Símbolo	Clase de Calidad Visual	Potencial Estético	Capacidad de absorción	Accesibilidad visual o inter visibilidad
1	M1	B	M	B	Próxima
2	M2	A	A	B	Lejana
3	M3	A	M	M	Próxima
4	M4	B	M	B	Lejana
5	M5	paramo			
6	M6	nube			
7	P1	B	M	M	Próxima
8	P2	A	M	B	Media
9	D1	B	M	B	Próxima
10	D2	B	M	M	Media
11	D3	B	M	M	Media
12	D6	paramo			
13	V1	B	A	A	Media
14	V2	B	M	B	Media
15	V3	C	A	A	Próxima
16	V4	C	B	B	Media

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2014

- **Sitios de interés**

El área de estudio cuenta con pocos lugares georreferenciados dentro de los 3 departamentos, los lugares que sobresalen están ubicados en el departamento del valle del cauca y hacen referencia a centros vacacionales cercanos a la sub estación alférez dentro de la vereda Morga. Algunas cascadas y miradores a lo largo del trazado de la línea,

## Municipio de Planadas

### Foto 302 Parque Los Fundadores



Fuente: Pagina municipal

El parque de planadas los fundadores fue creado en el 1984 con la colaboración de Saúl Rojas y Miro Navarro, en el año de 2004 se termina los últimos acabados del parque.

Fecha de última actualización: 15 de Noviembre de 2012

## Municipio de Santiago de Cali

### Foto 303 Centro recreacional Comfenalco Valle del Lili



Fuente: Google Maps, 2013

Ubicado al sur de Cali, en la vía a Jamundí Callejón Jauja Km. 1; Este Centro Recreacional cuenta con una completa infraestructura deportiva y de entretenimiento familiar, en un ambiente de Sol y Diversión. Cuenta con Escenarios adecuados para practicar con libertad tu deporte favorito. Cuenta con 5 Canchas de fútbol con medidas reglamentarias, 5 Canchas de mini fútbol, 3 Canchas de tenis en polvo de ladrillo, 1 Cancha de voleyplaya, 3 Canchas de tejo, 5 Canchas múltiples: voleibol, baloncesto y microfútbol, Juegos de mesa y Juegos de Sapo, es un lugar con gran atractivo turístico debido a la infraestructura con la que cuenta.

1012

## Municipio de Pradera

### Foto 304 Centro recreacional y pesca deportiva Lusitania



Fuente: Pagina Web del Centro Recreacional Lusitania

El Centro Recreacional Lusitania se encuentra ubicado a 1 km de Pradera Valle, vía a Lomitas, que entre sus actividades le ofrece a la comunidad un espacio para el desarrollo de pesca deportiva y actividades lúdicas.

### Foto 305 Reserva Natural Nirvana



Fuente: Pagina Web Reserva Natural Nirvana

La Reserva Natural Nirvana es una entidad privada, ubicada en los límites de los municipios de Palmira y Pradera en la vereda Arenillo, cuya actividad está enfocada a la educación ambiental y el turismo ecológico.

### Foto 306 Laguna La Bonita y Serranía del Serrucho



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2014

La Laguna La Bonita, ubicada en el páramo del Meridiano, al pie de la Serranía del Serrucho (Rioblanco-Tolima), es un lugar sagrado y ceremonial de los indígenas Nasa. Es uno de los pocos lugares que conservan con esta connotación tradicional en la región, además de ser el refugio de animales y plantas del páramo y de los espíritus del páramo como el Señor del Trueno.

### Foto 307 Parque Nacional Nevado del Huila (desde el sur occidente)



Fuente: Pagina Web Servicio Geológico colombiano

El Parque Nacional Nevado del Huila se encuentra dentro de la zona declarada como Reserva de la Biósfera. Catalogada como una estrella hídrica del macizo colombiano, que abastece a las dos cuencas más importantes del país: Cuenca alta del río Magdalena y Cuenca alta del río Cauca. Esta zona es considerada estratégica por el aporte de bienes y servicios ambientales a través de los páramos, subpáramos, bosque andino y alto andino, y variadas especies de fauna.

---

- **Pertenencia, Arraigo Territorial y Potencial Paisajístico del Área de Estudio.**

Para lograr integrar los términos de pertenencia y arraigo es necesario tener en cuenta el concepto de identidad territorial, el cual está definido como “un proceso formado por sociedad y al mismo tiempo como un elemento que construye sociedad, en donde aflora el sentido de pertenencia a un territorio y a un grupo social determinado y en donde se producen los más profundos sentimientos de arraigo y desarraigo.<sup>1341</sup>

En este orden de conceptualización es necesario remitirnos al levantamiento de información realizada por el área social que identifica el gran sentido de pertenencia y el alto sentido de arraigo que tienen los pobladores del área de estudio.

Los pobladores del área de estudio manifiestan que el paisaje y su potencial estético, especialmente en las áreas montañosas, cercanas al paramo es considerado como un servicio ambiental fundamental, debido a que la zona es vista como rica en recursos hídricos y con gran atractivo.

---

134134Natalia Castañeda Angarita1 Geografía - Universidad Nacional de Colombia DESPLAZAMIENTO AMBIENTAL E IDENTIDAD TERRITORIAL: CASO DE POBLACIÓN REUBICADA POR CAUSAS MEDIOAMBIENTALES EN COLOMBIA

