PROCESO DE REVISIÓN ORDINARIA DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL - POT

MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA

Elaboración de los estudios técnicos y productos previstos en el marco jurídico vigente dentro del proceso de estudio para la revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio San José de Cúcuta

ETAPA DIAGNÓSTICO

Producto 2.1
Documento de Diagnóstico

I.DIAGNÓSTICO DEL COMPONENTE GENERAL

I-A – Estructura Biofísica – Gestión del Riesgo Rural

Diciembre 22 de 2017

UNIÓN TEMPORAL
PLANEANDO CÚCUTA

ALCALDÍA DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA

Interventoría POT

ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL

Departamento Administrativo Área de Planeación

EQUIPO CONSULTORÍA

Unión Temporal Planeando Cúcuta

INTERVENTORÍA

Unión Temporal Interventoría POT

SEGUIMIENTO DE VERSIONES DE DOCUMENTO

VERSIÓN	FECHA
1	Septiembre 29 de 2017
2	Noviembre 23 de 2017
3	Diciembre 22 de 2017

CONTENIDO

A. ESTRUCTURA BIOFISICA .....

1 GESTION DEL RIESGO.....

1.1 CONOCIMIENTO DEL RIESGO (AREA RURAL).....

1.1.1 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS AMENAZANTES .....

1.1.1.1 Caracterización de eventos históricos.....

1.1.1.2 Recurrencia de eventos históricos de movimientos en masa....

1.1.2 Amenaza por fenómenos de remoción en masa.....

1.1.2.1 Localización .....

1.1.2.2 Información recopilada .....

1.1.2.3 Antecedentes .....

1.1.2.4 GEOLOGIA RURAL.....

1.1.2.5 Unidades geológicas superficiales del área rural del Municipio.....

1.1.2.6 Geología Estructural.....

1.1.2.7 Geomorfología rural.....

1.1.2.8 Morfogénesis.....

1.1.2.9 Morfodinámica.....

1.1.2.10 Susceptibilidad por remoción en masa. .....

1.1.2.11 Plan de acción.....

1.1.3 Amenaza por inundaciones .....

1.1.3.1 Metodología susceptibilidad de inundaciones.....

1.1.3.2 Calificación de la susceptibilidad.....

1.1.3.3 Análisis de la susceptibilidad por inundaciones .....

1.1.3.4 Zonificación de la amenaza por inundación.....

1.2 MAPA GENERAL DE AMENAZAS .....

1.3 CONDICION DE RIESGO.....

1.4 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR INCENDIOS.....

1.4.1 Metodología para la evaluación de la amenaza por incendios .....

1.4.2 Factores a tener en cuenta para la susceptibilidad y la amenaza por incendios forestales. .....

1.4.2.1 Susceptibilidad de la cobertura vegetal .....

1.4.3 Factores climáticos .....

1.4.3.1 Precipitación.....

1.4.3.2 Temperatura.....

1.4.4 Factor de relieve .....

1.4.4.1 Pendientes.....

1.4.5 Accesibilidad .....

1.4.5.1 Distancia a vías .....

1.4.6 Frecuencia de incendios .....

1.4.7 Zonificación y análisis de la amenaza por incendios forestales .....

1.4.8 Avenidas torrenciales. .....

1.4.8.1 Morfometría de las microcuencas. .....

1.4.8.2 Índice de Melton .....

1.4.8.3 Coeficiente de Compacidad .....

1.4.8.4 Índice de relieve y proporción de relieve.....

1.4.8.5 Análisis de avenidas torrenciales .....

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Reporte eventos históricos para el Municipio de Cúcuta 18
Tabla 2. Unidades geológicas para la ingeniería según su origen 25
Tabla 3. Unidades geológicas ingenieriles para la zona de estudio 29
Tabla 4. Zonificación de las fallas geológicas presentes en el área rural del municipio de San José de Cúcuta. 94
Tabla 5. Unidades morfométricas 122
Tabla 6. Clasificación de ambientes morfogenéticos. 129
Tabla 7. Subunidades morfogenéticas clasificadas por ambientes en el área de estudio. 130
Tabla 8. Clasificación de los movimientos en masa según (Varnes, 1978) 155
Tabla 9. Inventario de los movimientos en masa cartografiados en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta 158
Tabla 10. Comparación de las clasificaciones para los tipos de erosión de Van Zuidam e IDEAM. 172
Tabla 11. Imágenes satelitales empleadas en el análisis multitemporal 178
Tabla 12: Estructura jerarquizada de criterios y su comparación por parejas. 186
Tabla 13: Generación de pesos para cada atributo. 186
Tabla 14: Razón de consistencia para evaluar la matriz de comparación. 187
Tabla 15:: Rango de pendientes utilizado en el estudio. 188
Tabla 16: Datos de precipitaciones de las estaciones pluviométricas en el área rural de Cúcuta. 194
Tabla 17: Matriz de comparación de jerarquías analíticas introduciendo el factor detonante lluvia (mapa de isoyetas) 195
Tabla 18: Asignación de pesos a los diferentes mapas temáticos del modelo. 195
Tabla 19: Estimación de la razón de consistencia para el modelo de amenazas. 195
Tabla 20: Categorización de la amenaza por movimientos en masa 196
Tabla 21. Plan de acción para el Municipio de Cúcuta 196
Tabla 22: Rangos de clasificación de susceptibilidad por inundaciones 199
Tabla 23. Calificación de la susceptibilidad de las subunidades geomorfológicas para el área rural del Municipio de Cúcuta. 200
Tabla 24. Tipo de combustible según la cobertura predominante 216
Tabla 25. Categoría de amenaza según el tipo de combustible 217
Tabla 26. Duración del combustible según el tipo de cobertura 219
Tabla 27. Susceptibilidad para duración del combustible 220
Tabla 28. Carga de combustible según el tipo de cobertura natural 222
Tabla 29. Susceptibilidad según la carga total de combustible 223
Tabla 30. Porcentaje de susceptibilidad para incendios forestales en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta 227
Tabla 31. Clasificación según la precipitación media anual 228
Tabla 32. Calificación según la temperatura media 230
Tabla 33. Categoría de amenaza según la pendiente 232
Tabla 34. Categoria de amenazas según la accesibilidad 234
Tabla 35. Categorización de la Amenaza por Incendios Forestales 239

Tabla 36 Variables Morfométricas. 241
Tabla 37 Microcuencas zonificadas del área rural del municipio de Cúcuta. 243
Tabla 38 Geoforma de la cuenca en relación al índice de compacidad. 245
Tabla 39 Índice de Melton. 247
Tabla 40 Rangos y calificación del índice de compacidad de las microcuencas 249
Tabla 41 Clasificación de los índices de compacidad de las microcuencas. 249
Tabla 42 Características hidrogeomorfologicas para definir la potencialidad de avenidas torrenciales. 251
Tabla 43 Relieve y proporción de relieve 252

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Ocurrencia de eventos amenazantes para el Municipio de Cúcuta 20
Gráfica 3 Recurrencia de movimientos en masa 21
Gráfica 4. Localización geográfica del Municipio de Cúcuta....22
Gráfica 5. Perfil fisiográfico del Municipio de Cúcuta....23
Gráfica 6. Metodología para la clasificación de las UGI 25
Gráfica 7. Metodología de exploración 26
Gráfica 8. División del perímetro rural en zonas de estudio 28
Gráfica 9. Perfil tipo de meteorización de areniscas de la Formación Aguardiente....32
Gráfica 10. Clasificación de la roca según la resistencia....32
Gráfica 11 Perfil de meteorización tipo de la Formación Capacho....34
Gráfica 12. Clasificación de la roca según la resistencia....34
Gráfica 13. Perfil tipo de meteorización de intercalaciones de lodolitas y areniscas de la Formación Catatumbo. 36
Gráfica 14. Clasificación de la roca según la resistencia....36
Gráfica 15. Perfil tipo de meteorización de lodolitas y areniscas de la Formación Barco....38
Gráfica 16. Clasificación de la roca según la resistencia....38
Gráfica 17. Clasificación de la roca según la resistencia....40
Gráfica 18. Perfil tipo de meteorización de areniscas de la Formación Mirador....41
Gráfica 19. Clasificación de la roca según la resistencia....42
Gráfica 20. Perfil tipo de meteorización para la Formación Carbonera 44
Gráfica 21. Clasificación de la roca según la resistencia....44
Gráfica 22. Perfil tipo de meteorización para la Formación Carbonera 46
Gráfica 23. Clasificación de la roca según la resistencia....46
Gráfica 24. Perfil tipo de meteorización para lodolitas de la Formación León 48
Gráfica 25. Clasificación de la roca según la resistencia....49
Gráfica 26. Perfil tipo de meteorización para los niveles de intercalación de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo 50
Gráfica 27. Clasificación de la roca según la resistencia....51
Gráfica 28. Perfil tipo de meteorización de areniscas masivas del Grupo Guayabo. 52
Gráfica 29. Clasificación de la roca según la resistencia....53
Gráfica 30. Perfil tipo de meteorización para lodolitas del Grupo Guayabo 54
Gráfica 31. Clasificación de la roca según la resistencia....55
Gráfica 32. Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador (Riam) . N: 1.403, 569,070, E: 836.824,188, Z: 77.75 m.s.n.m. Ubicación: La Hortensia 59
Gráfica 33 Roca intermedia de areniscas de la formación Mirador (Riam). N: 1.403, 030,170, E: 836.706,291, Z: 84.66 m.s.n.m. Ubicación: 300m antes de llegar a La Hortensia....59
Gráfica 34. Roca intermedia de la Formación Mirador (Riam). N: 1.409, 586,567, E: 839.931,988, Z: 142.24 m.s.n.m. Ubicación: Barranca - vía las minas de Carbón. 60
Gráfica 35. Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador (Riam) donde se observan conglomerados. N: 1.409, 586,567, E: 839.931,988, Z: 142.24 m.s.n.m. Ubicación: Barranca - vía las minas de Carbón. 61

Gráfica 36. Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera (Rilac) afectada por la meteorización. . N: 1.402, 267,873, E: 838.301,980, Z: 136.19 m.s.n.m. Ubicación: Barranca - vía las minas de Carbón.....62
Gráfica 37. Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación carbonera (Rilac) lodolitas fisiles hacia la base. N: 1.402, 569,614, E: 838.182,840, Z: 168 m.s.n.m. Ubicación: Vía antigua Santa Rosa Lima 62
Gráfica 38. Rocas intermedias de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera (Rilac). N: 1.409, 367,049, E: 840.450,407, Z: 96.79 m.s.n.m. Ubicación: Barranca- vía las minas de Carbón.....63
Gráfica 39. Rocas muy blandas lodolitas de la formación León en la zona norte, tiene la propiedad de ser fisiles a y b, la c pierde la propiedad de ser fisil. N: 1.414, 517,681, E: 841.374,642, Z: 129.30 m.s.n.m Ubicación: Vereda Veinticinco (25) 64
Gráfica 40. Roca muy blanda lodolitas de la formación León afectadas por la meteorización en la zona Norte. N: 1.400, 425,474, E: 837.954,016, Z: 77.81 m.s.n.m. Ubicación: Vereda Agua la Sal- vía Suspiro.....64
Gráfica 41. Rocas intermedias lodolitas y areniscas de la formación Guayabo en la Zona Norte.....65
Gráfica 42. Suelo transportado de terraza aluvial (Stta). N: 1.416, 471, E: 845.766, Z: 61 m.s.n.m. Ubicación: Casco urbano Banco Arena.....66
Gráfica 43. Suelo transportado de terraza aluvial, niveles con geometría en cuña. . N: 1.420, 412, E: 847, 590 Z: 73 m.s.n.m. Ubicación: Banco Arena-vía a Vigilancia 67
Gráfica 44. Suelo transportado de terraza aluvial (Stta). Orientación de las gravas. N: 1.420, 412, E: 842, 137, 106 Z: 73 m.s.n.m. Ubicación: La Argelia. 67
Gráfica 45 Suelo transportado de terraza aluvial (Stta). N: 1.415, 040, 163 E: 845, 699, 865 Z: 68.07 m.s.n.m. Ubicación: Casco urbano Amparo 68
Gráfica 46. Suelo de terraza aluvial (Stta) Meteorizado. N: 1.403, 708 E: 850, 748, 264 Z: 73 m.s.n.m. Ubicación: vía los Cámbulos.....68
Gráfica 47 Suelo transportado de terraza aluvial (Stta) dominado por material gravoso. N: 1.040, 201 E: 850, 984 Z: 101 m.s.n.m. Ubicación: Los micos- vía Agua Clara. 69
Gráfica 48. Suelo transportado de terraza aluvial (Stta) Afectada por plegamiento. N: 1.040, 201 E: 850, 984 Z: 101 m.s.n.m. Ubicación: Los micos- vía Agua Clara 69
Gráfica 49. Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi). N: 1.415.108 E: 850.162 Z: 61 m.s.n.m. Ubicación: Banco de arena.....70
Gráfica 50. Suelo transportado de cauce aluvial (Stca). N: 1.415.108 E: 850.162 Z: 61 m.s.n.m. Ubicación: Banco de arena.....70
Gráfica 51. Roca blanda de lodolitas de la formación Catatumbo de la Zona Centro (Rblct). N: 1.379, 533 E: 850, 644 Z: 556 m.s.n.m. Ubicación: Puerto Nuevo- vía vereda Entre Ríos.....72
Gráfica 52. Roca blanda intercalaciones de lodolitas y areniscas de la formación Barco (Rblab). . N: 1.380, 053 E: 849, 824 Z: 725 m.s.n.m. Ubicación: Desvió de la mina del Presidente.....73
Gráfica 53. Roca blanda intercalaciones de lodolitas y areniscas de la formación Barco (Rblab). N: 1.375, 526 E: 847, 593 Z: 903 m.s.n.m. Ubicación: Antenas del Cerro Tasajero 73
Gráfica 54. Roca blanda de lodolitas de la Formación Cuervos (Rblc). N: 1.380, 888 E: 854, 923 Z: 485 m.s.n.m. Ubicación: vía Arrayan 74
Gráfica 55. Roca blanda de lodolitas de la formación Cuervos (Rblc). N: 1.379, 995 E: 849, 957 Z: 766 m.s.n.m. Ubicación: En la Mina vereda Paso de dos Ríos 75

Gráfica 56. Rocas intermedias areniscas de la formación Mirador en la Zona centro (Riam). . N: 1.375, 390 E: 846, 989 Z: 772 m.s.n.m. Ubicación: vía Salado- antena Aeropuerto....76
Gráfica 57. Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera. N: 1.390, 106 E: 847, 586 Z: 156 m.s.n.m....77
Gráfica 58. Rocas muy blandas lodolitas de la formación León (Rmbll). . N: 1.374, 255 E: 843, 459 Z: 265.4 m.s.n.m. Ubicación: Vía Cúcuta el Salado....78
Gráfica 59. Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Guayabo (Rilag). N: 1.389, 590 E: 848, 068 Z: 126 m.s.n.m. Ubicación: Puerto Nuevo....79
Gráfica 60. Suelo transportado de depósito coluvial (Stco). N: 1.380, 598 E: 854, 547 Z: 370 M.S.N.M. UBICACIÓN: VÍA RICAURTE....80
Gráfica 61. Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi). N: 1.392, 611 E: 847, 243 Z: 116 m.s.n.m. Ubicación: Puerto Nuevo- vía Puerto Lleras....81
Gráfica 62. Suelo transportado de cauce aluvial (Stca).. N: 1.375.805 E: 850.228 Z: 268 m.s.n.m. Ubicación: Santa Cecilia....81
Gráfica 63. Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador (Riam).. N: 1.374, 658 E: 846, 687 Z: 594 m.s.n.m. Ubicación: vía cerró Tasajero- el Salado....83
Gráfica 64. Rocas intermedias lodolitas y areniscas de la formación Carbonera de la zona Sur (Rilac). . N: 1.332, 506 E: 837, 813 Z: 715 m.s.n.m. Ubicación: Mina....84
Gráfica 65. Roca muy blanda lodolitas de la formación León (Rmbll). N: 1.359.701 E: 835.604 Z: 298 m.s.n.m. Ubicación: Carmen de Tonchalá....85
Gráfica 66. Roca intermedia lodolitas y areniscas de la formación guayabo Perfil II-B. (Rilag). N: 1.361, 252 E: 840, 006 Z: 359 m.s.n.m. Ubicación: Vía Carmen de Tonchalá....86
Gráfica 67. Roca intermedia lodolitas y arenisca de la formación Guayabo (Rilag) Perfil II-A. N: 1.374, 232 E: 839, 749 Z: 293 m.s.n.m. Ubicación: Vía Cúcuta- Campanario....86
Gráfica 68. Suelo transportado coluvial (Stco) donde se observa claramente el tamaño dominante. N: 1.360, 131 E: 841, 216 Z: 470 m.s.n.m. Ubicación: Vía hacienda Carrillo....87
Gráfica 69. Suelo transportado coluvial (Stco). N: 1.360, 131 E: 841, 216 Z: 470 m.s.n.m. Ubicación: Vía hacienda Carrillo....88
Gráfica 70. Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi). N: 1.357.793 E: 840.686 Z: 394 m.s.n.m. Ubicación: Vía El Pórtico – San Pedro.....88
Gráfica 71. Suelo transportado de terraza aluvial (Stta). N: 1.357.793 E: 840.686 Z: 394 m.s.n.m. Ubicación: Vía El Pórtico – San Pedro....89
Gráfica 72. Suelo transportado de cauce aluvial (Stca). N: 1.357.793 E: 840.686 Z: 394 m.s.n.m. Ubicación: Vía El Pórtico – San Pedro....89
Gráfica 73. Mapa regional estructural del área de estudio y la influencia del sistema de Aguascalientes. 91
Gráfica 74. Mapa regional del área de estudio y la influencia del sistema de fallas del Zulia. 92
Gráfica 75. Diagrama metodológico para la definición de las estructuras presentes en el municipio de San José de Cúcuta. 93
Gráfica 76. Localización de las estructuras y corte geológico de la zona norte en el municipio de San José de Cúcuta....97
Gráfica 77. Falla Carbonera hacia el sector oeste de la Cuchilla Carbonera en el norte del área rural del municipio de San José de Cúcuta....99

Gráfica 78. Falla Bijagual y Falla San Pablo hacia el sector de la Cuchilla Carbonera en el norte del área rural del municipio de San José de Cúcuta. 100
Gráfica 79. Falla San Pablo hacia el sector de la Cuchilla Carbonera en el norte del área rural del municipio de San José de Cúcuta. 101
Gráfica 80. Localización de las estructuras y corte geológico de la zona centro en el municipio de San José de Cúcuta. 102
Gráfica 81. Panorámicas del Sistema de Fallas de Tasajero al este del Cerro Tasajero. 103
Gráfica 82. Falla Tasajero al este del Cerro, sobre la vía a San Faustino. 103
Gráfica 83. Falla de Piedemonte Occidental a) Panorámica de la Falla de Puerto Nuevo, la falla Piedemonte occidental y la planicie entre ellas b) Falla La Arenosa con buzamiento al sureste c) Fallas secundarias asociadas al basculamiento de las capas. 104
Gráfica 84. Panorámica de la Falla San Faustino sobre la vía que comunica el casco urbano del municipio de San José de Cúcuta con el centro poblado de San Faustino. 105
Gráfica 85. Falla Las Blanquitas a) Hacia la vía a Ricaurte donde se asocia a fallas locales b) Panorámica vía a Los Negros. 106
Gráfica 86. Panorámica de la Falla Mucuras donde se observa los planos de falla asociados al plano principal generando pequeños lomos. 107
Gráfica 87. Falla Guayabal al oeste del Alto La Melia, la cual está afectando al Grupo Guayabo. 107
Gráfica 88. Falla El Silencio sobre la vía que conduce al Campanario. 108
Gráfica 89. Planos estriados en dirección WNW-ESE, mostrando una cinemática dextral para la Falla Santa Helena, en el sector del Cerro del Tasajero. 109
Gráfica 90. Panorámica donde se observa La Falla Mucuras, La Quinta y La Espinera, por la vía al Campanario. 109
Gráfica 91. Panorámica hacia la Loma de Araque, donde se aprecia los rasgos geomorfológicos asociados a la Falla de Araque. 110
Gráfica 92. Eje del anticlinal de Mucurera hacia el sector de El Campanario. 111
Gráfica 93. Flanco este del sinclinal de Oripaya hacia el sector de El Campanario en el área rural del municipio de San José de Cúcuta. 112
Gráfica 94. Vista del plegamiento de las capas del Grupo Guayabo sobre la vía al Zulia, las cuales corresponden al Anticlinal de La Plata. 112
Gráfica 95. Localización de las estructuras de la zona sur en el municipio de San José de Cúcuta y corte geológico. 113
Gráfica 96. Falla del Gavilán sobre el Cerro Los Isabeles y la Falla La Ceibita. 114
Gráfica 97. Panorámica del Cerro Los Isabeles donde se aprecia la Falla La Selva. 115
Gráfica 98. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en el área rural del municipio de San José de Cúcuta. 117
Gráfica 99. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas asociadas a esfuerzos de tensión. 117
Gráfica 100. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas relacionadas a esfuerzos compresivos. 118
Gráfica 101. Esquema de jerarquización geomorfológica 119
Gráfica 102. Atributos de geomorfología usada en este estudio 119
Gráfica 103. Unidades morfométricas de la Zona Norte 122
Gráfica 104. Unidades morfométricas de la Zona Centro 123

Gráfica 105. Unidades morfométricas en la Zona Sur 124
Gráfica 106.Mapa Geomorfológico a escala 1:25.000 de las Planchas 88 III-D 126
Gráfica 107. Mapas Geomorfológicos a escala 1:25.000 de las Planchas 98 II-C, 98 IV-A, 99 I-B Y 99 I-D 127
Gráfica 108. Proceso metodológico para la definición de subunidades morfogenéticas 128
Gráfica 109. Mapa de Subunidades Morfogenéticas de la Zona Norte. 131
Gráfica 110.Cauce aluvial del Río Zulia en la Zona Norte, en las Veredas Restauración (a) y Las Vacas (b). Coordenadas. a. E: 845127 N: 1405095 Z: 66,97m; b. E:840139 N: 1396212 Z:74,86m 132
Gráfica 111.Cauce aluvial y planicie de inundación del Río Pamplonita en la zona Norte. a. Fotografía tomada en el sector La Javilla. b. Fotografía tomada en el Centro Poblado de Aguaclara. Coordenadas: a. E:853788 N: 1406373 Z: 74,5m. b. E: 852475 N: 1402158 Z: 72m 133
Gráfica 112.Planicie de inundación del Río Zulia (Zonas Norte y Centro). Coordenadas: b. E: 841614 N: 1393357 Z: 86,16m; c. E: 841112 N: 1395378 Z: 74,28m 134
Gráfica 113.Planicie de inundación del Río Pamplonita (Zonas Norte y Centro). Coordenadas. b. E: 856662 N: 1039550 Z: 81 m; c. E: 852290 N: 10405709 Z:71m 135
Gráfica 114. Montículos y ondulaciones asociados a depósitos de terraza aluvial. Zonas Norte y Centro. 135
Gráfica 115. Sierra anticlinal (Ssan) localizada en la Zona Norte. 137
Gráfica 116. Ladera estructural y contrapendiente de Sierra Sinclinal (Sssle-Ssslc) localizada en la Zona Norte. 138
Gráfica 117. Mapa de Subunidades Morfogenéticas de la Zona Centro. 139
Gráfica 118.Terraza de acumulación y planicie de inundación asociadas al cauce del río Zulia, zona centro. Coordenadas E: 1164158 N: 1372940 Z: 183 140
Gráfica 119.Terraza de acumulación antigua localizada hacia el centro poblado de San Faustino (Zona Centro). Coordenadas. E: 853.392 N: 1'382.623 Z: 196m. 141
Gráfica 120.Lomos residuales localizados en la zona centro, asociados a depósitos de terraza aluvial. 142
Gráfica 121.Laderas erosivas localizadas en la zona centro, puntualmente hacia el sector de la Hacienda Santa Elena. Coordenadas. E: 842520 N: 1385574 Z:201m 142
Gráfica 122. Terraza sobreelevada, y subunidades aledañas en la zona centro hacia el sector de El Veinticinco, entre Oripaya y El Edén. 143
Gráfica 123.Planos aterrazados o duricostras en la zona centro. Coordenadas. E: 839412 N: 1377456 Z: 392m. 144
Gráfica 124.Ladera estructural del Cerro Tasajero en la zona centro. Coordenadas. E: 847907 N:1376550 Z: 932m. 145
Gráfica 125.Escarpe y ladera en contrapendiente del cerro tasajero, viendo hacia sur (Zona centro). Coordenadas. E: 848244 N: 1377111 Z: 944m 146
Gráfica 126. Ladera estructural y en contrapendiente en la zona centro, hacia el sector occidental. Coordenadas. E: 834709 N: 1369861 Z: 315m. 146
Gráfica 127.Cornisa estructural en ladera contrapendiente del Cerro Tasajero, zona centro. 147
Gráfica 128.Ladera estructural y en contrapendiente de sierra homoclinal, zona centro del área de estudio. Coordenadas. E: 839412 N: 1377456 Z: 392m 148
Gráfica 129.Gancho de flexión localizado en la zona centro. 149
Gráfica 130.Depósitos coluviales localizados en el sector de la vía que conduce de Cúcuta al Centro Poblado de San Faustino. 150

Gráfica 131.Geoforma de origen antrópico de Rellenos de basuras o rellenos sanitarios (Arb), correspondiente al Parque Tecnológico y Ambiental Guayabal. Fotografía tomada desde la vía que va del Salado al Campanario (Zona Centro). Coordenadas: E:839608, N:1377053, h: 275m 150
Gráfica 132. Áreas de explotación minera en la zona sur (Aemc). Coordenadas: a. E: 835899, N: 1368421, h: 231m; b. E: 835340 N: 1368600 h:240m 151
Gráfica 133. Mapa de Subunidades Morfogenéticas de la zona Sur. 152
Gráfica 134. Facetas triangulares (Sft) localizadas en el sur del área de estudio. 153
Gráfica 135. Depósito coluvial (Dco), asociado a antiguos movimientos en masa en el sector de San Pedro en la Zona Sur. 153
Gráfica 136. Geoformas de origen estructural, denudacional y fluvial en la zona sur, hacia el sector de San Pedro. Facetas triangulares (Sft), Ladera en contrapendiente (Slcp), Depósitos coluviales(Dco), Terraza de acumulación(Fta) y Planicie de inundación. 154
Gráfica 137. Geoformas de origen estructural y denudacional localizadas en la zona sur, hacia el sector del Carmen de Tonchalá. Facetas triangulares (Sft), Ladera estructural (Sle), Laderas erosivas (Dle), Espolones bajos de longitud corta (Sesbc), Lomo de Presión (Slp). 154
Gráfica 138. Diagrama metodológico para la caracterización de los movimientos en masa del municipio de San José de Cúcuta. 157
Gráfica 139. Distribución de los tipos de movimientos en masa inventariados en el área rural del municipio de San José de Cúcuta. 159
Gráfica 140. Deslizamientos traslacionales en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta. A y b hacen parte de la estación LEDM17. Coordenadas: N=1.367.470,835 m, E=836.965,462 m. C y d hacen parte de la estación LEA32, Coordenadas: N= 1.378.068 m, E= 851.180 m. E y f hacen parte de la estación LDC03, coordenadas: N= 1.380.164 m, E= 857.922 m 162
Gráfica 141. Deslizamiento traslacional representativo de la zona rural. Coordenadas: N=1.367.470,835 m, E=836.965,462 m. 163
Gráfica 142. Deslizamiento rotacional representativo de la zona rural. 164
Gráfica 143. Deslizamientos rotacionales en la zona centro. A) Coordenadas: N= 1.376.118,147 m, E= 850.822,527 m. B) Coordenadas: N= 1.393.619 m, E= 842.903 m. C) Coordenadas: N= 1.395.330 m, E=847.154 m. 165
Gráfica 144. Deslizamientos rotacionales en la zona Sur. A) Estación LDM09, Coordenadas: N= 1.374.719, 787 m, E= 842.390, 592 m. B) Estación LEDM12, coordenadas: N= 1.374.726, 905 m, E= 842.999, 946 m. C) Estación LEDM14, coordenadas: N= 1.373.989, 220 m, E= 848.985, 205 m. D) Estación LDM11, coordenadas: N= 1.373.007, 069 m, E= 847.755, 038 m. E) Estación LEDM15, coordenadas: N= 1.388.652, 096 m, E= 856.955, 174 m. 166
Gráfica 145. Deslizamiento rotacional reportado en San Pedro. a y b) Estación LED10, coordenadas: N=1.356.795, 083 m, E= 840.493, 189 m. c y d) Estación LED09, coordenadas: N= 1.357.087, 808 m, E= 840.494, 195 m. 167
Gráfica 146. Procesos de caídas de detritos en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta. A) Estación KE12, coordenadas: N= 844.747,770 m, E= 1.416.789, 874 m. B) Estación CF128, coordenadas: N= 1.368.600 m, E= 835.340 m. 169

Gráfica 147. Reptaciones observadas en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta. A) Estación KE4.1, coordenadas: N= 1.400.425, 474m, E= 837.954, 016 m. B) Estación LDC02, coordenadas: N= 1.381.407, 826 m, E= 855.679, 555 m.....170
Gráfica 148. Movimientos complejos de la zona rural del municipio de San José de Cúcuta. A) Estación LEDM08, coordenadas: N= 1.390.046, 620 m, E= 847.620, 135 m. B) Estación AFK4.4, coordenadas: N= 1.389.730 m, E= 839.618 m. C) Estación LEDM15, coordenadas: N= 1.368.931 m, E= 833.962 m. 171
Gráfica 149. Erosión laminar en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta a) Lodolitas de la Formación León b) Cuaternario c) Niveles areno-lodosos del Grupo Guayabo. A) Estación LDM09, coordenadas: N= 1.374.719, 787 m, E= 849.390 m. B) Estación AFK4.4, coordenadas N= 1.389.730 m, E= 839.618 m. C) Estación AEK09, coordenadas N= 1.385.388, 509 m, E= 842.453, 505 m. 173
Gráfica 150. Erosión en surcos en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta a) sobre Grupo Guayabo, b) Depósito de terraza, c) Grupo Guayabo. A) Estación AEK10.1, Coordenadas: N= 1.385.574 m, E= 842.520 m. B) Estación AFK1.3, coordenadas: N= 7.94468, E= -72.582430. C) Estación AFK1.1, coordenadas: N= 1.370.022 m, E= 834.707 m. 174
Gráfica 151. Erosión en Cárcavas en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta a) Niveles de Intercalaciones del Grupo Guayabo b) Grupo Guayabo donde predominan lodos c) terrazas aluviales d) Grupo Guayabo donde predominan lodolitas. A) Estación AFK01, coordenadas: N= 1.369.896 m, E= 834.716 m. B) Estación AEK04, coordenadas: N= 1.375.652 m, E= 840.172 m. C) Estación AFK05, coordenadas: N= 1.340.352 m, E= 840.296 m 175
Gráfica 152. Erosión lateral del Río Zulia hacia Restauración Estación AEK17 a la 20, coordenadas: N= 1.405.095, 876 m, E= 845.127, 530 m.....176
Gráfica 153. Metodología del análisis multi-temporal por Movimientos en Masa 177
Gráfica 154: Análisis multi-temporal de la Zona 2 179
Gráfica 155. Análisis multi-temporal de la Zona 2 182
Gráfica 156. Análisis multi-temporal de la Zona 3 183
Gráfica 157. Movilidad del cauce del río Pamplonita junto al corregimiento El Pórtico 184
Gráfica 158: Esquema didáctico para expresar como la forma de la pendiente influye en la aceleración o desaceleración del flujo. Las pendientes convexas como en A tienden a acelerar el flujo y por consiguiente los procesos de remoción en masa. 190
Gráfica 159: Ubicación de estaciones pluviométricas consideradas en el estudio. 194
Gráfica 160. Clasificación de la susceptibilidad por inundaciones en el área rural del Municipio de Cúcuta. .200
Gráfica 161: Áreas de Susceptibilidad por Inundaciones en el área rural del Municipio de Cúcuta. 203
Gráfica 162. Registro Histórico anual por inundaciones en el área rural del Municipio de Cúcuta.....205
Gráfica 163: Inundaciones en el área rural de Cúcuta (sector norte). La grafica muestra como la intensidad de las precipitaciones y por consiguiente, el área de influencia de las inundaciones ha ido aumentando durante las últimos tres fases del fenómeno de la NIÑA. 206
Gráfica 164: Imágenes radiométricas procesadas del satélite ALOS PALSAR.....208
Gráfica 165: Corregimientos en el área rural de Cúcuta afectados por fenómenos de remoción en masa e inundaciones.....211
Gráfica 166. Metodología para evaluación de la amenaza por incendios forestales. 214
Gráfica 167. Distribución porcentual de las categorías de susceptibilidad por incendios. 227

Gráfica 168. Número de incendios forestales por cobertura vegetal 238
Gráfica 169 Mapa de microcuencas objeto de estudio de los índices morfométricos 246

LISTADO DE MAPAS

Mapa 1 Mapa de eventos amenazantes para el Municipio de Cúcuta 21
Mapa 3. División por Zonas del área municipal de Cúcuta.....58
Mapa 4. Mapa de rasgos estructurales presentes en el municipio de San José de Cúcuta.....96
Mapa 5. Plano de unidades morfométricas 121
Mapa 6. Mapa de movimientos en masa en el área rural del municipio de San José de Cúcuta.....160
Mapa 7: Mapa de pendientes 189
Mapa 8: Mapa de rugosidad generado a partir del MDE. La rugosidad está relacionada con la susceptibilidad a la remoción en masa, a mayor rugosidad, mayor susceptibilidad.....189
Mapa 9: Mapa de Curvatura. La curvatura se relaciona con la convergencia y divergencia de la corriente por una superficie. Permite conocer en donde son más susceptibles los procesos de remoción en masa debido a la facilidad para acelerar flujos. Las laderas convexas favorecen la aceleración del flujo. 190
Mapa 10: Mapa de orientación de las laderas en el área rural del municipio de Cúcuta.....191
Mapa 11: Mapa de susceptibilidad obtenido con la metodología de análisis estadístico multivariado "Jerarquías Analíticas". La matriz de comparación se aprecia en el sector inferior derecho de la figura. 192
Mapa 12: Mapa de Isoyetas generado a partir de las precipitaciones del año 2010. Los números dentro del mapa indican la cantidad de precipitación anual en mm.....193
Mapa 13: Mapa de amenazas por fenómenos de remoción en masa del área rural del municipio de Cúcuta. 198
Mapa 14: Mapa de Susceptibilidad por Inundaciones en el área rural de Cúcuta.....202
Mapa 15. Eventos históricos de inundaciones en el área rural del Municipio de Cúcuta. 204
Mapa 16: Mapa de Amenaza por Inundaciones en el área rural del municipio de Cúcuta.....209
Mapa 17: Mapa General de Amenazas para el área rural de Cúcuta.....210
Mapa 18: Áreas con condición de riesgo en los centros poblados del área rural de Cúcuta.....213
Mapa 19. Susceptibilidad por el tipo de combustible 217
Mapa 20. Susceptibilidad según la duración del combustible.....220
Mapa 21. Susceptibilidad según la carga del combustible 223
Mapa 22. Susceptibilidad total por vegetación 225
Mapa 23. Mapa del factor precipitación 229
Mapa 24. Mapa del factor temperatura.....231
Mapa 25. Amenaza según las pendientes.....233
Mapa 26. Amenaza por incendios según la accesibilidad 235
Mapa 27. Frecuencia de Incendios Forestales 237
Mapa 28. Amenaza por Incendios Forestales 239

A. ESTRUCTURA BIOFISICA

1 GESTION DEL RIESGO

1.1 CONOCIMIENTO DEL RIESGO (AREA RURAL)

Según lo contemplado en los decretos vigentes y que marcan las directrices para la elaboración de los estudios básicos de riegos a incluirse en las revisiones de los Planes de Ordenamiento Territorial, la escala mínima en la que deben elaborarse dichos estudios para el área rural es 1:25.000, lo cual es una escala notablemente menor a la exigida para las áreas urbanas y de expansión urbana (1:5.000), es por eso, que el análisis, la obtención de datos y el procesamiento de la información se realiza separadamente a los estudios realizados en el área urbana y de expansión urbana.

1.1.1 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS AMENAZANTES

1.1.1.1 Caracterización de eventos históricos

La incidencia de eventos amenazantes en el Municipio influye directamente en el análisis de los escenarios de riesgo, por lo cual se hace necesario que se reporten, identifiquen, localicen y caractericen todos los fenómenos referentes a movimientos en masa, avenidas torrenciales, inundaciones, incendios, etc., que se hayan presentado en el Municipio.

La consulta de estos eventos se realizó a través de la plataforma del SGC SIMMA, Desinventar, la base de datos de la NASA, y el Plan Municipal pata la Gestión del Riesgo y Desastres (PMGRD) del Municipio de Cúcuta.

Tabla 1 Reporte eventos históricos para el Municipio de Cúcuta

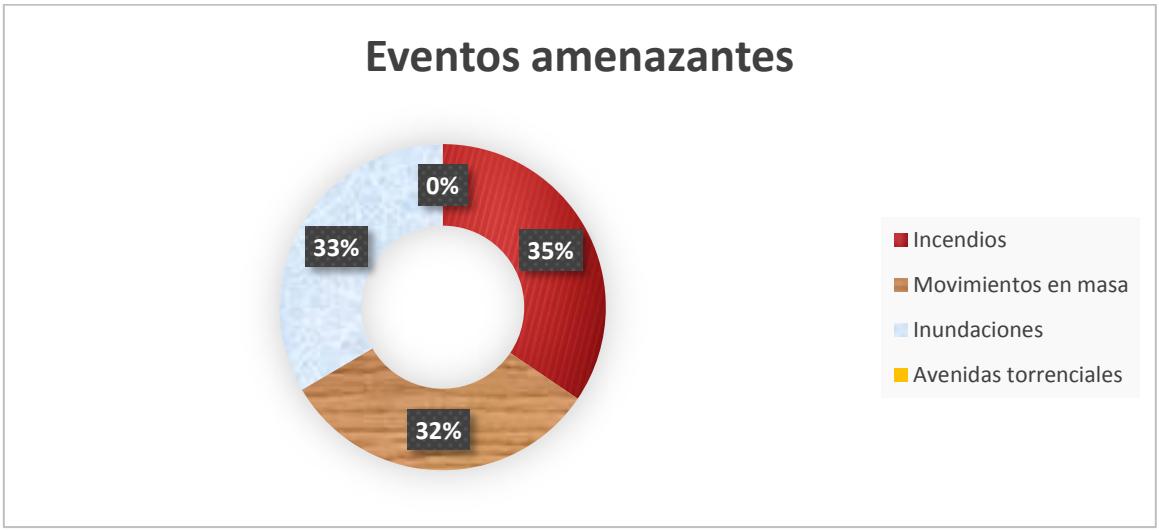
ORIGEN DE LA AMENAZA	TIPO DE AMENAZA	FUENTE	NÚMERO DE REPORTES	OBSERVACIONES
Natural	Movimientos en masa	SIMMA	76	Se reportan deslizamientos en la parte central del Municipio, sobre las veredas Paso de los ríos, Las Blanquitas, La Susanita y una alta ocurrencia en la vereda Los Reyes desde el año 1988 hasta el 2007; más hacia el norte, en las veredas El Aceituno y El Amparo, se reportan algunos deslizamientos que han afectado a la población en el año 2005 y 1996 respectivamente
		PMGRD	17	Se presentan reportes de deslizamientos en el corregimiento de San Faustino, en las veredas de Santa Cecilia, El Povenir

ORIGEN DE LA AMENAZA	TIPO DE AMENAZA	FUENTE	NÚMERO DE REPORTES	OBSERVACIONES
Hidrometereologicas	Inundaciones	Desinventar	64	Se reportan inundaciones por desbordamiento del Río Zulia, en el año 2010, causando daños en un oleoducto y derrame de 400 barriles de crudo, afectando a los pescadores y a cultivos; igualmente el Río Tachira reporta desbordamientos, afectando principalmente a la Vereda La Parada en el año 1984 y 1996; El Río Pamplonita reporta fuertes inundaciones que afectan desde cultivos hasta vías del Municipio y reportan 5 muertos y hasta 50 desaparecidos por fuertes lluvias en el año 2003 y 1981
		PMGRD	33	Reportes de inundaciones en la quebrada Patillales, vereda Patillales corregimiento de Buena Esperanza; en la quebrada la floresta, vereda Agua Blanca
	Avenidas torrenciales	Desinventar, PMGRD, SIMMA	0	No se reportan afectaciones
Socio - Naturales	Incendios	Desinventar	19	Se reportan incendios forestales en la vereda San Faustino, en el año 1994 y 2014 con reporte de afectaciones de 8 hectáreas; en el año 2014 se reportan incendios en la oreja del anillo vial; Villa del Rosario - Vía San Antonio - Venezuela; vereda Buena Esperanza; Corregimiento Oripaya; Corregimiento Ricaurte con afectación a viviendas en la parte baja del cerro; en el 2015 se reportan incendios en el Cerro Tasajero, dejando afectaciones hasta en 6 hectáreas
		NASA	698	Se reportan focos de incendios forestales a lo largo del Municipio, principalmente al este del Cerro Tasajero, desde el 2005 hasta el 2016

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

El registro histórico del Municipio permite tener una visión general de los diferentes escenarios de susceptibilidad y amenaza para el mismo. De manera general y analizando la información recopilada, los fenómenos de incendios forestales son muy frecuentes con un porcentaje de 35% de ocurrencia en el municipio; seguido por las inundaciones, las cuales reportan 97 eventos; finalmente no se encontraron registros históricos de ocurrencia de avenidas torrenciales. Esta ocurrencia o no ocurrencia de eventos amenazantes es de vital importancia para el análisis de amenaza del municipio de Cúcuta.

Gráfica 1 Ocurrencia de eventos amenazantes para el Municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

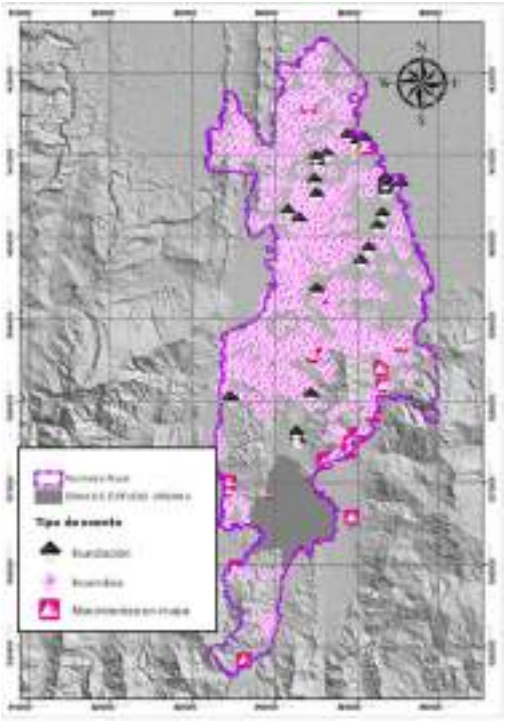
No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

En el municipio se presenta una amplia distribución de los diferentes fenómenos amenazantes, con una ocurrencia mayor de las inundaciones hacia el sector Norte del mismo, debido a las bajas pendientes que presenta el sector y a la influencia de las fuentes hídricas; los movimientos en masa por otra parte se concentran en el sector central y este de Cúcuta, posiblemente por la confluencia de diferentes factores tanto estructurales, morfométricos, litológicos y de coberturas de tierra, que permiten que haya una mayor incidencia de movimientos en masa, específicamente en el sector de San Faustino; por último la ocurrencia de incendios se da de manera uniforme en la parte central y norte de los Municipios, en las cuales se encuentran las coberturas más susceptibles a presentar incendios y las más altas temperaturas.

1.1.1.2 Recurrencia de eventos históricos de movimientos en masa

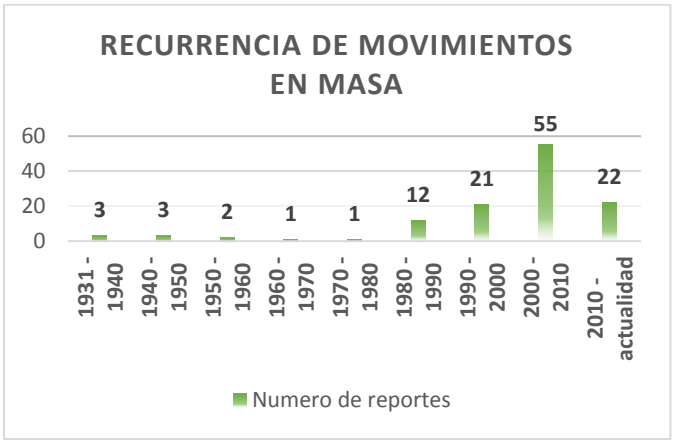
Según los datos recopilados se evidencia una mayor recurrencia de movimientos en masa en los años 2000 – 2010 con un total de 55 registros (Gráfica 2),

Mapa 1 Mapa de eventos amenazantes para el Municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Gráfica 2 Recurrencia de movimientos en masa



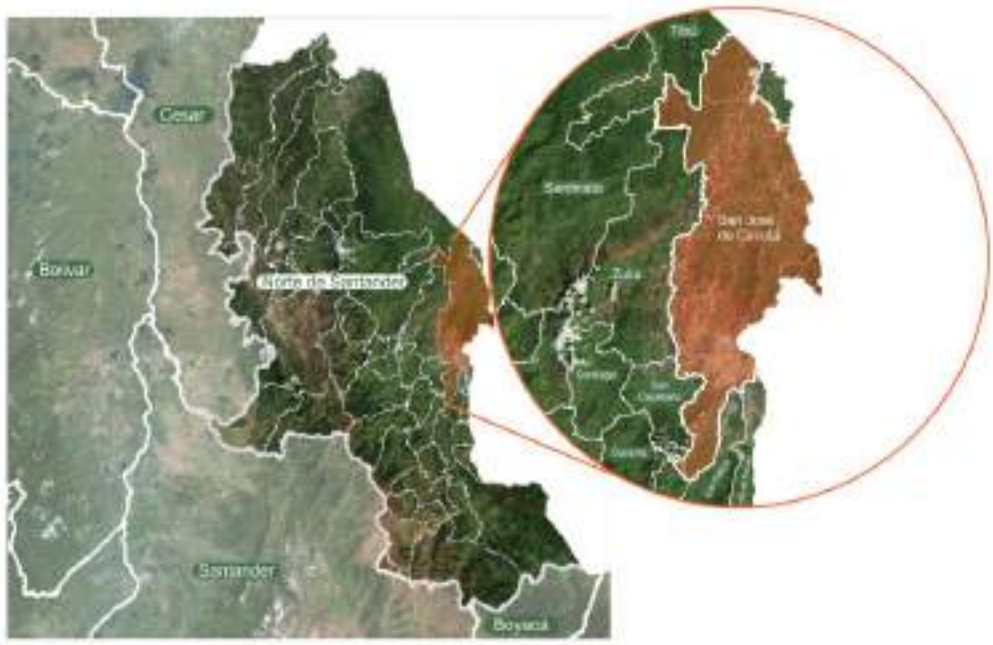
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2 Amenaza por fenómenos de remoción en masa

1.1.2.1 Localización

El Municipio de Cúcuta se encuentra ubicado en el Departamento de Norte de Santander, con una extensión de 1.176 $Km^{2,}$ su cabecera municipal, la ciudad de San José de Cúcuta, es la capital del Departamento de Santander y núcleo del área metropolitana de Cúcuta.

Gráfica 3. Localización geográfica del Municipio de Cúcuta



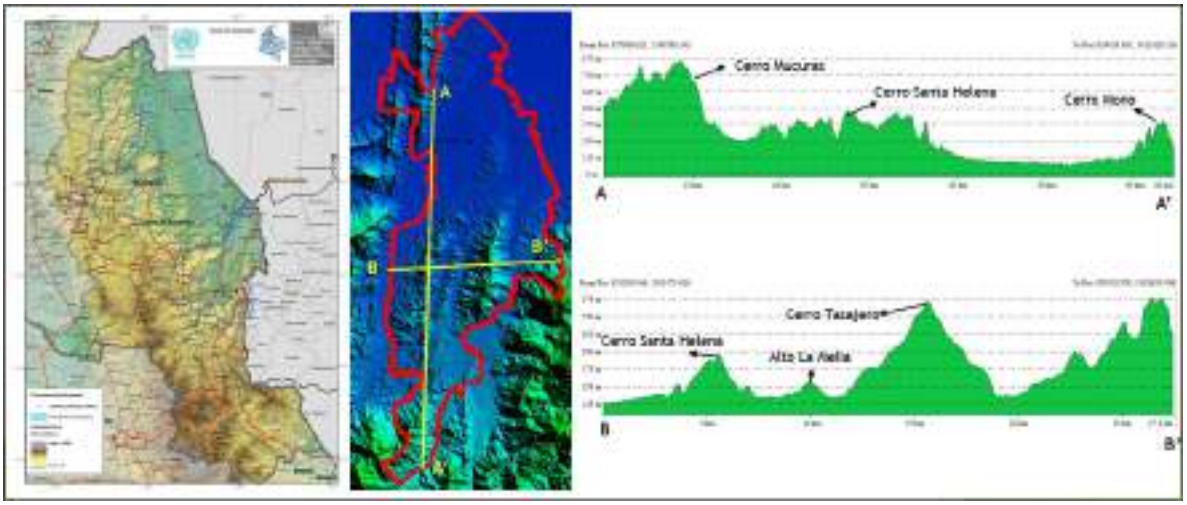
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Este municipio se encuentra limitando al Norte con Tibú, al Oeste con Sardinata, El Zulia y San Cayetano, al Sur con Villa del Rosario, Los Patios y Bochalema, y al Oriente con la Republica de Venezuela (Gráfica 3); este último está definido desde la desembocadura del Río de la Grita en el Zulia hasta el nacimiento de la Quebrada Don Pedro. Su clima es muy variable, pasando desde pisos térmicos fríos hasta cálidos con temperaturas que oscilan entre los 17 ^{o}C y 38 ^{o}C, vientos que superan los 70 Km/h y precipitación media anual aproximadamente de 806 mm según la estación pluviométrica Cerro Pelao del IDEAM.

El Municipio de Cúcuta se caracteriza por presentar un relieve muy variado, comprendiendo alturas que varían desde los 290 msnm hasta los 1687 msnm, en los principales cerros del

Municipio; entre los cuales se presentan al sur El Cerro Mucuros, en la zona centro los Cerros Santa Helena, Tasajero, Alto La Melia, Anticlinal la Floresta y más al Norte el Cerro Mono.

Gráfica 4. Perfil fisiográfico del Municipio de Cúcuta



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.2 Información recopilada

Durante los últimos años en Colombia, se ha realizado un gran esfuerzo por abordar el tema de la planificación y el ordenamiento del territorio a nivel municipal, como estrategia de las corporaciones regionales en la planificación ambiental territorial, sin embargo, aún no existe la suficiente articulación y coordinación político-institucional, que permita direccionar las acciones hacia una verdadera planificación sostenible del territorio. Dentro de este marco general de análisis, el presente capitulo evidencia el estado del arte, en la formulación y revisión de los estudios realizados en la región como los planes de ordenamiento municipal de la ciudad de Cúcuta, Departamento de Norte de Santander.

1.1.2.3 Antecedentes

La constitución política de 1991 establece las bases fundamentales del ordenamiento en Colombia, entre las que se encuentra la función social y ecológica de la propiedad, el interés general sobre el interés particular y la función pública del urbanismo. El desarrollo posterior de los principios constitucionales referentes al medio ambiente permitió la formulación y expedición de la ley 99 de 1993, como Ley general del Medio Ambiente, creando figuras como las CAR (Corporación Autónoma Regional), con un sistema de rentas propias con destino específico, dirigido hacia el mejoramiento del medio ambiente y el desarrollo sostenible del territorio.

Posteriormente se formuló la Ley de Desarrollo Territorial, Ley 388 de 1997, ésta establece la necesidad de formular planes de ordenamiento territorial POT, donde se concretaban los principios de descentralización y desconcentración del Estado; y donde a través de este

mecanismo, el tema ambiental, tuvo la gran oportunidad de insertarse de manera sobresaliente en los ordenamientos territoriales de la mayor parte de los municipios del país. De tal manera, que los principios constitucionales y la apuesta de la Ley 99 se materializaban en estos instrumentos, donde las CAR tienen una importante mediación, dado que son órganos de concertación de dichos POT.

1.1.2.4 GEOLOGIA RURAL

1.1.2.4.1 Unidades geológicas para ingeniería (UGI)

El presente subcapítulo brinda información sobre la distribución y propiedades de los materiales presentes en el suelo y subsuelo en el área rural del municipio de San José de Cúcuta en el departamento de Norte de Santander, a partir de las unidades de geología para ingeniería. Dichas unidades principalmente se basan en las unidades geológicas ingenieriles. Hermelín (1985) y Salazar (1995) mencionan que las unidades superficiales son el conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros, y se propone que dichos materiales deben ser clasificados según su origen, ya sean estos, suelos transportados o residuales, rocas o suelos antrópicos, con el fin de delimitar el área de estudio en zonas que representen un alto grado de homogeneidad de los materiales respecto a sus propiedades.

La Geología aplicada a la Ingeniería constituye así una herramienta básica adecuada para compilar, interpretar y presentar la información temática de utilidad en las fases de prefactibilidad, factibilidad, diseño, construcción, operación y el mantenimiento de obras de ingeniería; así como otros aspectos de los proyectos dentro de los que están el planeamiento del uso del suelo para el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y el desarrollo minero; igualmente en los campos de mitigación, prevención y control de los riesgos geológicos, al igual que en los impactos ambientales resultantes del desarrollo de diferentes proyectos. Las unidades geológicas ingenieriles se consideran como formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre, son unidades cartografiables y uno de los productos básicos de la geología aplicada a la ingeniería (SGC, 2015). La metodología que se empleara es la propuesta en la Guía metodología de estudios detallados de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por Movimientos en Masa, del Servicio Geológico de Colombia.

1.1.2.4.2 Factores considerados en la clasificación de las unidades geológicas ingenieriles (UGI)

En la cartografía geológica para la ingeniería, la clasificación de rocas y suelos se basó en las propiedades físico-mecánicas de los materiales, su origen, la diagénesis, el tipo de roca y los procesos de meteorización, los cuales rigen el comportamiento mecánico de dichos materiales (resistencia, deformabilidad, durabilidad, permeabilidad, entre otros). Para la descripción y caracterización de las Unidades Geológicas Ingenieriles (UGI), se utilizó la misma metodología para la zona rural como urbana, donde se tienen en cuenta los siguientes parámetros fundamentales: litología (composición y textura), dureza o resistencia, discontinuidades estratigráficas, grado de meteorización y rasgos estructurales. Estas características se obtienen mediante la descripción de

los perfiles de afloramientos rocosos, exploración del subsuelo, muestreo de suelos, ensayos in situ y análisis de laboratorio.

Gráfica 5. Metodología para la clasificación de las UGI

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA 2017.

Tabla 2. Unidades geológicas para la ingeniería según su origen

UNIDADES DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA SEGÚN SU ORIGEN	
ORIGEN	**TIPO**
Roca in situ	Roca Sana
	Saprolito
	Suelo Residual
Transportado	Suelo Transportado

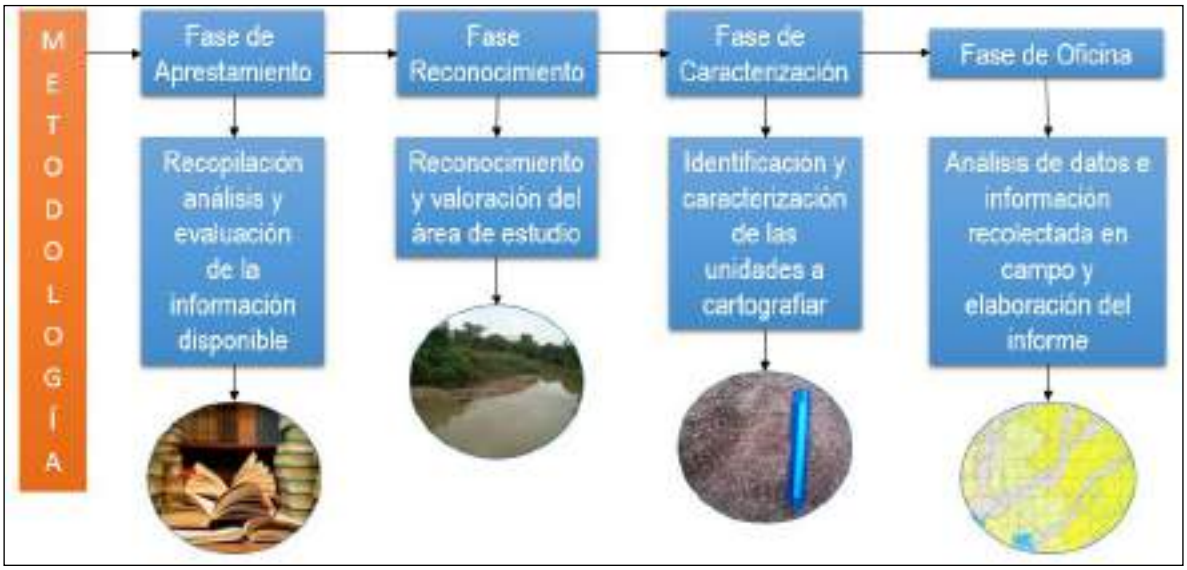
Fuente: Tomado y modificado de Hermelín 1987

1.1.2.4.3 Metodología empleada en la identificación y caracterización de las UGI.

La metodología empleada para el estudio de las unidades geológicas para ingeniería en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta fue basada en la Guía Metodológica Para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por movimientos en masa a escala detallada propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (2015).

A continuación, se muestran las diferentes etapas que se consideraron indispensables para realizar la exploración geológica, definidas por el grupo de trabajo de geología: 1) Fase de Aprestamiento; 2) Fase de Reconocimiento de Campo; 3) Fase de Caracterización; 4) Fase de Oficina. Las cuales se trabajaron como se ilustran en la siguiente figura:

Gráfica 6. Metodología de exploración



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA 2017.

1.1.2.4.3.1 Fase de aprestamiento

Durante esta etapa se recolectó la información de la zona de estudio, imágenes satelitales, planos y en general cualquier información relacionada a la zona. La información previa consultada fue la siguiente:

- Imágenes satelitales de Google Earth, (2017).
- Mapa Geológico de las planchas 77 (Campo dos), 78 (Pto Santander), 87 (Sardinata), 88 (Cúcuta), 98 (Durania), y 99 (Villa del Rosario). INGEOMINAS (SGC) (versión digital).
- Reseña explicativa de las memorias de las planchas anteriores. INGEOMINAS (versión digital).
- Cartografía base suministrada por el municipio.

Fase de reconocimiento y valoración de campo

La visita a campo fue realizada por el equipo de geología integrado por ocho (8) geólogos divididos en tres grupos, un grupo de dos (2) profesionales en oficina y dos grupos de tres (3) en campo, se definieron 270 estaciones y puntos de control durante esta etapa.

1.1.2.4.3.2 Fase de caracterización geológica

Con la finalidad de evaluar las condiciones geológicas de la zona de interés se realizó un estudio basado en análisis de mapas, recorridos, visitas y puntos de control de campo, las actividades desarrolladas en esta fase fueron:

- **Inspección geológica:** En esta etapa se realizaron recorridos de campo, con el fin de encontrar y estudiar los afloramientos más accesibles, para recolectar datos y fotografías de los diferentes tipos de suelos, litologías, unidades geológicas superficiales (UGS) o Unidades de Geología Para Ingeniería (UGI), geoformas y estructuras geológicas presentes.

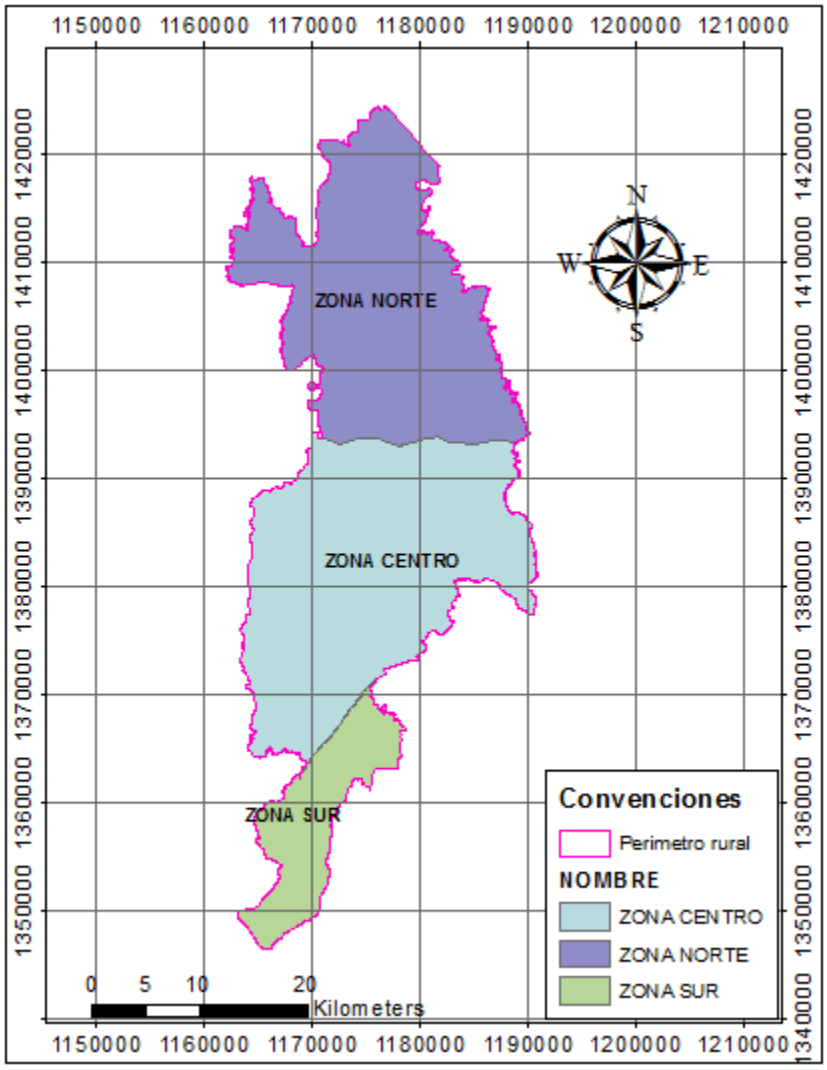
- **Fase de oficina:** El grupo que se encontraba en oficina ordeno la información obtenida por el equipo de campo, organizando fotografías y formatos de campo por fecha y estación, y produciendo como resultado un informe preliminar.

1.1.2.4.3.3 Fase de oficina

Con la información recolectada y verificada en campo, se desarrolla la edición de planos e interpretación de los datos recolectados en la oficina, se redactó el presente informe que contiene las características geológicas, estratigráficas, sedimentológicas, estructurales, y tectónicas del área que se estudió, en esta fase se infirió por parte del grupo de trabajo de geología, una zonificación para facilitar la descripción de las unidades, la cual se dividió en tres (3) zonas, definiéndose, de la siguiente manera: Zona Norte, Zona Centro y Zona Sur.

Esta zonificación se realizó debido a que las unidades tienen un comportamiento similar en cuanto a la parte estructural, geomorfológica y litológica. Donde podemos observar un predominio de los suelos transportados de planicie de inundación (Stpi) y de suelos transportados de terraza aluvial (Stta) hacia la Zona Norte. En la Zona Centro observamos un predomino de rocas del Grupo Guayabo y presencia de suelos transportados coluviales (Stco) de poca extensión, pero de gran frecuencia. En la Zona Sur se observa un predominio de rocas de la Formación León y del grupo Guayabo, donde se presentan suelos transportados coluviales (Stco) de mayor extensión, con mayor tamaño de bloques que en la Zona Centro, pero siendo estos localizados de manera más puntual. Esta división se puede observar en la siguiente gráfica:

Gráfica 7. División del perímetro rural en zonas de estudio



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.5 Unidades geológicas superficiales del área rural del Municipio

A manera de resumen se inició con la identificación del origen de las unidades, principalmente con la identificación de unidades litoestratigráficas. Llegando a la conclusión de que, en la totalidad del perímetro rural y áreas aledañas, afloran las siguientes unidades:

1. Formación Aguardiente (b6a)
2. Formación Capacho (K1c)
3. Formación Catatumbo (K6ct)

4. Formación Barco (E1b)
5. Formación Cuervos (E1E2c)
6. Formación Mirador (E2m)
7. Formación Carbonera (E2E3C)
8. Formación León (E3N1l)
9. Grupo Guayabo (N1N2g)
10. Depósitos de Terrazas (Q2tr1, Q2tr9, Q2tl1, Q2tl4)
11. Depósitos de llanura aluvial (Q1ala, Q1Q2alo)

Luego se estableció que a partir de estas formaciones litoestratigráficas se desarrollaron unidades de roca, suelos transportados y también depósitos asociados a la meteorización de los materiales. Además, se observaron unidades de suelo asociadas a la intervención del hombre en el terreno, como lo son los rellenos antrópicos.

En la visita a campo del área, se observó una zona completamente influenciada por la meteorización y en general por procesos estructurales debido a la incidencia de las estructuras principales y por procesos denudativos, presentando laderas principalmente de pendientes medias a largas y donde se evidencia la afectación de la tectónica, puesto que la estratificación alcanza buzamientos de más de 70º.

En la cartografía geológica para ingeniería se consideran como suelos los materiales granulares cementados o no cementados (arena, limo, grava y bloques), arcillas plásticas cohesivas y la combinación de estos dos tipos. Los suelos transportados son depósitos que se originan por la acumulación de material arrastrado por la acción del viento, agua, hielo, erupciones volcánicas o por efecto de la gravedad.

Bajo este criterio se lograron identificar diecisiete (16) unidades para ingeniería, siendo estas unidades derivadas de roca in situ, suelos residuales, depósitos de ladera, depósitos aluviales:

Tabla 3. Unidades geológicas ingenieriles para la zona de estudio

UNIDADES GEOLÓGICAS INGENIERILES (UGI)					
ORIGEN	**CLASE**	**UNIDAD**	**NOMECLATURA**	**ÁREA (ha)**	**PORCENTAJE**
	Unidades de roca	Roca intermedia con intercalaciones de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo	Rilag	8698,4	7,66%
		Roca intermedia de areniscas masivas friables del Grupo Guayabo	Riamg	5763,44	5,09%
		Roca blanda de lodolitas del	Rblg	10173,28	8,95%

Roca In Situ		Grupo Guayabo			
		Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León	Rmbll	8778,63	7,73%
		Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera	Rilac	6478,48	5,70%
		Roca blanda interca lodolitas y areniscas de la Formacion Carbonera	Rblac	1293,95	1,14 %
		Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador	Riam	8940,39	7,87%
		Roca blanda de lodolitas de la Formación los Cuervos	Rblc	4443,32	3,91%
		Roca blanda de intercalación de lodolitas y areniscas de la Formación Barco	Rblab	1057,13	0,93%
		Roca blanda de lodolitas de la Formación Catatumbo	Rblct	676,26	0,60%
		Roca blanda de lodolitas de la Formación Capacho	Rblca	441,36	0,39%
		Roca intermedia de areniscas de la Formación Aguardiente	Riaa	1380,00	1,21%
Suelos Transportados	Depósito de Ladera, de vertientes o coluviales	Suelo Transportado De Depósito coluvial	Stco	3714,75	3,27%
	Depósitos aluviales	Suelo Transportado de terraza aluvial	Stta	15711,53	13,83%
	Depósitos aluviales	Suelo Transportado De planicie de inundación	Stpi	34925,90	30,74%
	Depósitos aluviales	Suelo transportado de cauce aluvial	Stca	1144,63	1,01%

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.5.1 Unidades de roca

Las unidades de roca muestran la roca sin ningún tipo de alteración por factores externos. Para la caracterización de estas Unidades se tuvo en cuenta la clasificación de los macizos rocosos, la cual se desarrolló con la implementación de un formato donde se incluyen los parámetros relacionados con la caracterización del macizo. Dentro del formato se hace tienen en cuenta la estratificación y las diferentes discontinuidades presentes en el afloramiento (fallas, diaclasas, foliación, diques, etc.).

Para este estudio se utilizó la clasificación geomecánica de macizos rocosos con base en los sistemas de clasificación de RMR propuesto por Bienawski (1973).

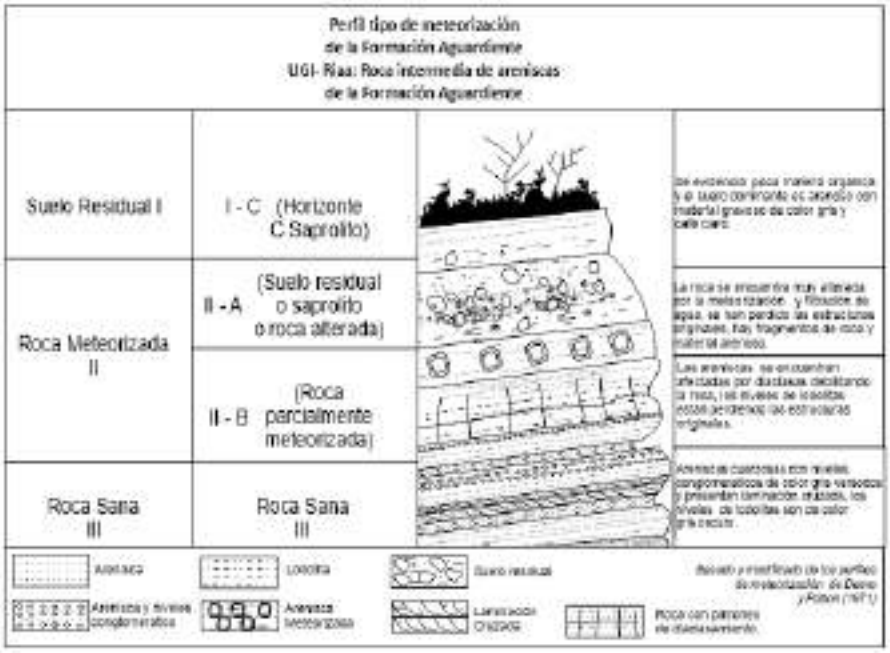
1.1.2.5.1.1 Roca intermedia de areniscas de la Formación Aguardiente (Riaa)

Notestein et al. (1944), consideraron la Formación Aguardiente como el miembro superior de la Formación Uribante en el área de la Concesión Barco, posteriormente Sutton (1946), la eleva al rango de Formación Aguardiente. Su localidad tipo se encuentra en el cerro denominado Filo del Aguardiente, Norte de Santander (Richards, 1968). La edad de la Formación Aguardiente con base en fauna y de acuerdo con su posición estratigráfica es determinada en Albiano inferior y medio (Richards, 1968; Ward et al., 1973). Esta formación se puede correlacionar con la parte inferior de la Formación Simití del Valle Medio del Magdalena y con la Formación Une del área de la Sabana de Bogotá (Royero, 2001).

En esta unidad geológica superficial se observan areniscas cuarzosas de grano fino a grueso de hasta de 2m de espesor, con granos de forma sub redondeada a sub angular, en capas tabulares, con algunos niveles conglomeráticos y glauconíticas, de color gris a gris verdoso, amarillento y blanco, micáceos, duros, con estratificación cruzada y algunas intercalaciones esporádicas de capas de lodolitas grises a oscuras, con gran contenido de mica de hasta 6m de espesor. Localmente se observan algunas capas de caliza de aproximadamente 4m de espesor, las cuales se evidencian sobre la vía que comunica El Arrayan con Ricaurte.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como la intercalación de lodolitas y areniscas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual

Gráfica 8. Perfil tipo de meteorización de areniscas de la Formación Aguardiente



La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza Intermedia, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 9. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25		Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5	(b)	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente) a R4 (resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas y en otros sectores dicha roca requiere más de un golpe con el martillo para fracturarse, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 100 Mpa y un índice de carga puntual de 1-4 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (débil), ya que con un golpe de la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial, la roca puede ser afectada superficialmente por un cortaplumas, pero con dificultad. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa.

Igualmente, presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente, la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

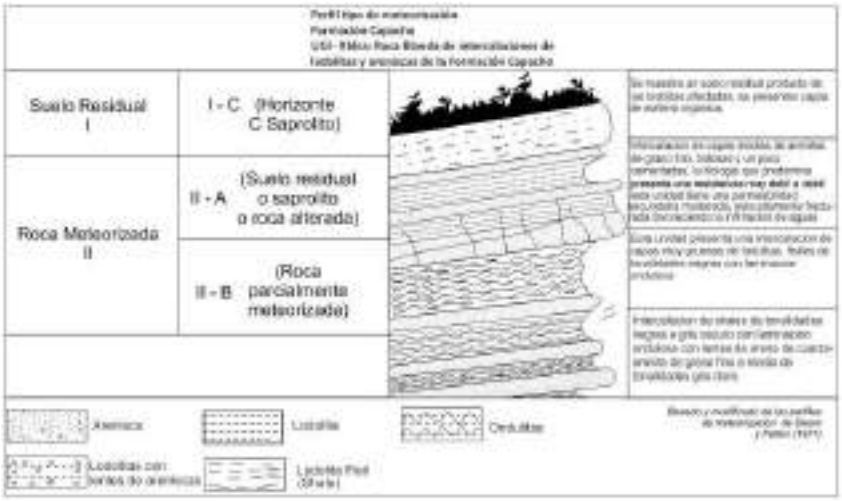
1.1.2.5.1.2 Roca blanda de lodolitas de la Formación Capacho (Rblca)

Según Sutton (1946) el termino Capacho fue introducido por Sievers (1888), quien introdujo el término para designar una sección de calizas y shales del Cretácico aflorante en el pueblo de Capacho (hoy Independencia) en el occidente de Táchira. Anteriormente Hedberg (1931) llama Cogollo a las calizas más superiores, término que acuña también Notestein *et al.* (1944), donde sugiere que la Formación Cogollo es el equivalente del Grupo Cogollo no dividido, sin embargo, queda establecido que la Formación Cogollo de la Concesión Barco es equivalente solo a la Formación Capacho de la localidad tipo del mismo Grupo (Trump y Salvador, 1964).

Esta unidad se encuentra conformada por una intercalación de shales negros a gris oscuros, con laminación ondulosa, paralela discontinua con lentes de cuarzoarenita de grano fino a medio de color gris, con buzamientos en dirección al NE. Esta unidad hacia la vereda La Blanquita presenta una intercalación de capas muy gruesas de lodolitas negras físiles con laminación ondulosa discontinua que hacía el tope del afloramiento se encuentra intercalada con capas medias de arenitas de grano fino, lodosas, poco cementadas. Esta unidad presenta mayor exposición hacia la parte Este de la zona Centro, hacia Arrayan y Ricaurte.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las lodolitas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual.

Gráfica 10 Perfil de meteorización tipo de la Formación Capacho



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 11. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Saibanca arcillosa dura.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas, presenta una resistencia de clase R1 (muy débil) y R2 (débil), ya que con la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial y llega a ser tan débil que la roca puede ser disgregada al ser golpeada con la punta del martillo y la roca puede ser afectada superficialmente por un cortaplumas, en ciertas zonas con mayor alteración. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-25 Mpa.

Igualmente, esta unidad principalmente conformada por lodolitas presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

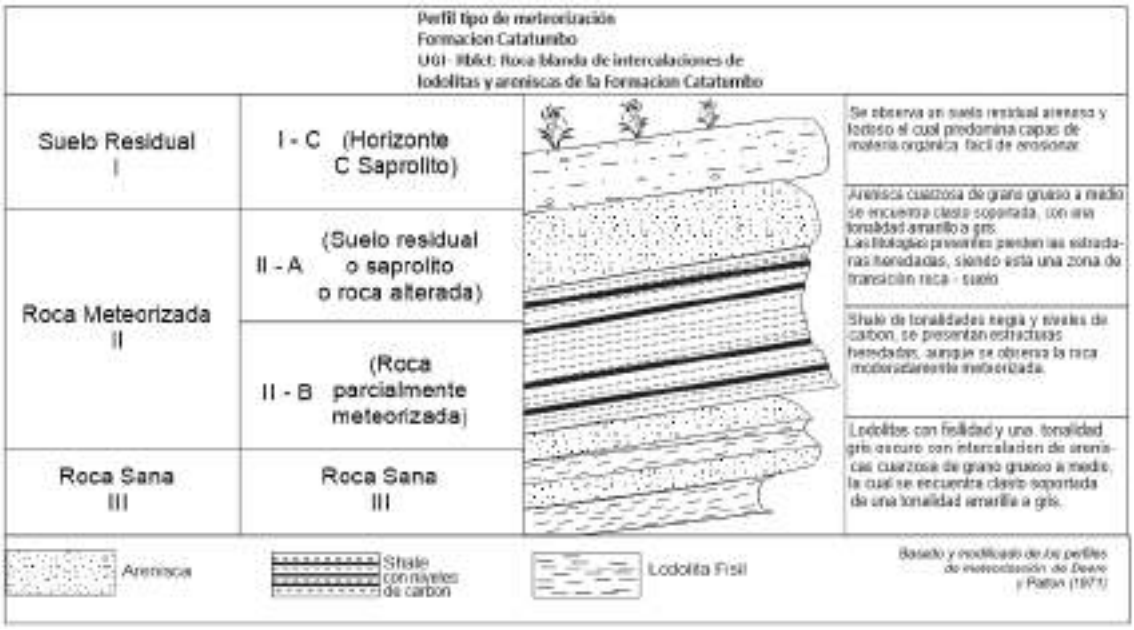
1.1.2.5.1.3 Roca blanda de lodolitas de la Formación Catatumbo (Rblct)

Según Van der Hammen (1958), esta unidad fue definida por Olsson y referenciada en una publicación, por primera vez, por Notestein *et al*. (1944). La sección tipo se encuentra localizada en el río Catatumbo y el Pozo Río de Oro-3 definida por Notestein *et al*. (1994). Según PDVSA-INTEVEP (2008), esta formación se depositó en un ambiente paludal deltaico, con alguna influencia de agua salobre a marino somero y de acuerdo con los resultados de análisis palinológicos realizados por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), se establece una edad entre el Maestrichtiano inferior y el Maestrichtiano superior establecida a partir foraminíferos bentónicos y planctónicos, en un ambiente batial a abisal, con condiciones de mar abierto.

Esta unidad está compuesta por capas potentes de lodolitas silíceas con fractura concoidea y aspecto pizarroso, colores variados entre negro y gris intercaladas con capas medias de areniscas muy finas de color pardo con espesores de 2m a 6m y arcillolitas de hasta 1m de espesor.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las lodolitas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual

Gráfica 12. Perfil tipo de meteorización de intercalaciones de lodolitas y areniscas de la Formación Catatumbo.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 13. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolito, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Saibanca arcillosa dura.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en el nivel de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En el nivel de las capas de lodolitas, litología que predomina, presenta una resistencia de clase R1 (muy débil) y R2 (débil), ya que con la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial y llega a ser tan débil que la roca puede ser disgregada al ser golpeada con la punta del martillo y afectada superficialmente por un cortaplumas en ciertas zonas con mayor alteración. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-25 Mpa.

La unidad presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente, la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

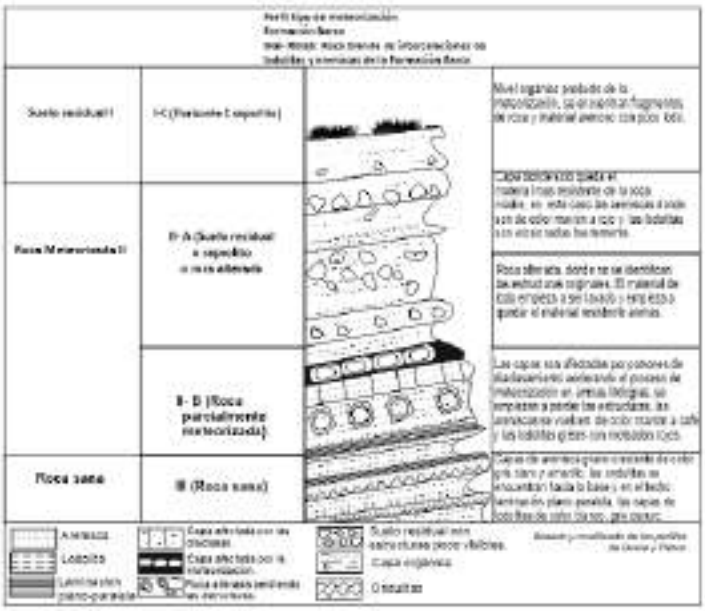
1.1.2.5.1.4 Roca blanda de lodolitas y areniscas de la Formación Barco (Rblab)

El término Formación Barco es nombrado desde la cresta Oriental Barco, un prominente escarpe formado por areniscas resistentes de esta formación a lo largo del flanco oriental del Anticlinal de Petrolea (Notestein *et al*., 1944). Sutton (1946), Extiende el uso de Formación Barco a los distritos de Colón y Perijá del estado Zulia, para reemplazar los términos “Third Coal” Tercer Horizonte de Carbón y Arenas de Tabla de Liddle.

Está compuesta por capas de areniscas de tamaño de grano medio y muy fino con geometría redondeada en la base y sub angular hacia el techo, presentan colores grises claro y amarillo claro, las capas presentan una gradación grano creciente y la matriz va disminuyendo hacia el techo tienen un espesor aproximado de 1,5m. Así mismo se presentan capas de lodolitas con espesores entre 3m y 4m de color blanco y gris oscuro con ondulitas que se localizan en la base y hacia el techo, presentan laminación plano paralela, se encuentran afectadas por estructuras y fracturamiento. Estas rocas afloran principalmente sobre la zona central del área Rural del Municipio de Cúcuta.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las lodolitas y las areniscas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual.

Gráfica 14. Perfil tipo de meteorización de lodolitas y areniscas de la Formación Barco



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 15. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Saibanca arcillosa dura.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. Las lodolitas, litología que predomina, presentan una resistencia de clase R1 (muy débil) y R2 (Débil), ya que con la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial y llega a ser tan débil que la roca puede ser disgregada al ser golpeada con la punta del martillo y afectada superficialmente por un cortaplumas en ciertas zonas con mayor alteración. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-25 Mpa.

Esta unidad presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

1.1.2.5.1.5 Roca intermedia de areniscas masivas de la Formación Los Cuervos (Riamc)

La sección tipo de la Formación Los Cuervos se encuentra en la quebrada Los Cuervos, tributario del Río Catatumbo, en cercanía a Puerto Barco (Notestein et al., 1944). La formación consta de shales con intercalaciones de areniscas con espesores entre 345 metros a 490 metros en la Concesión Barco. A la base de la formación se observan shales grises carbonosos micáceos y areniscas de grano fino intercaladas con capas de carbón bituminoso con espesor promedio de 1 metro, hacia el tope shales con esferulitas de siderita son comunes, así como arenitas lodosas gris verdosas (Notestein et al., 1944; Sutton, 1946).

La unidad está compuesta por areniscas masivas compactas cuarzosas clasto soportada y matriz soportadas de tamaño de grano medio a muy fino de forma sub angular y color amarillo claro, naranja y gris. Así mismo se presenció una leve laminación plano-paralela, el espesor varía de 4m hasta los 9m aproximadamente.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como la intercalación van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual.

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza Intermedia, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 16. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25		Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5	(b)	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Las areniscas de esta unidad presentan una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente) a R4 (resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas y en otros sectores dicha roca requiere más de un golpe con el martillo para fracturarse, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 100 Mpa y un índice de carga puntual de 1-4 Mpa.

Esta unidad presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

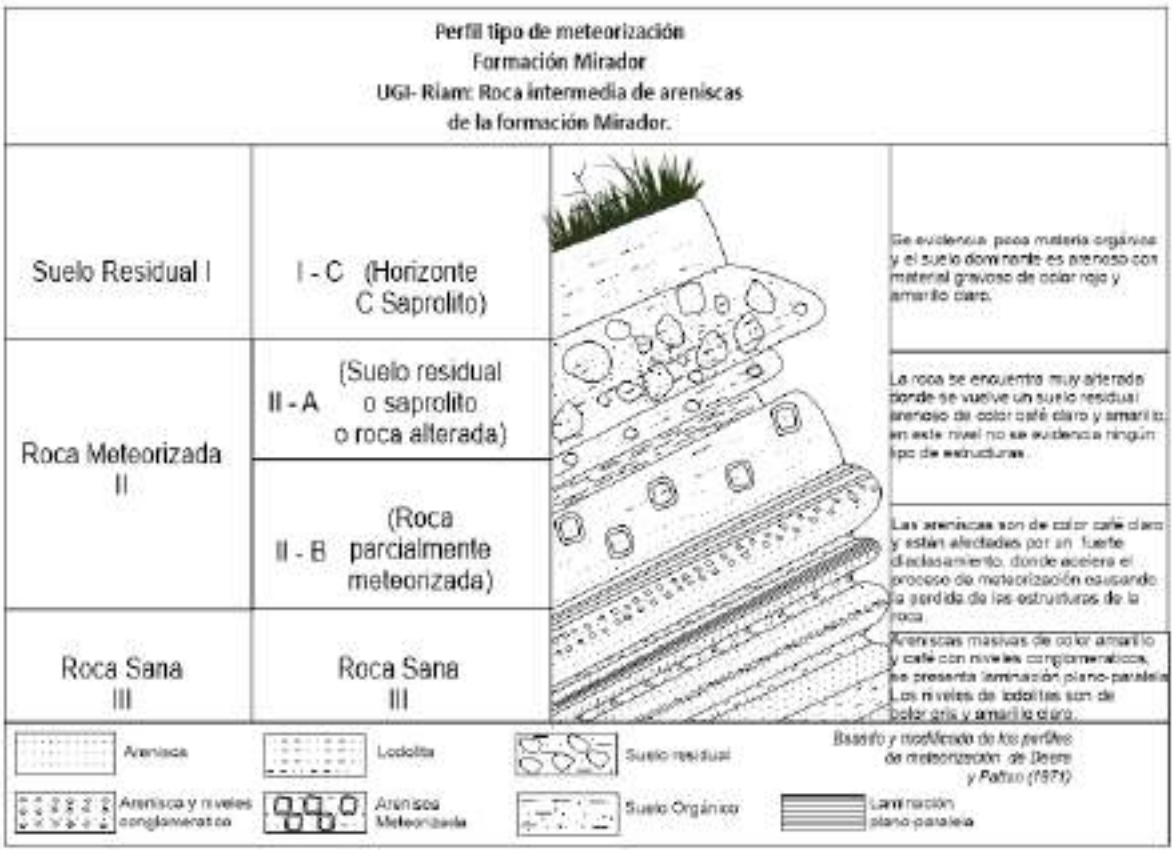
1.1.2.5.1.6 Roca intermedia de las areniscas de la Formación Mirador (Riam)

Formación descrita y nombrada por Sutton (1946) en el Cerro Mirador del Anticlinal Tarra en el estado de Zulia, Venezuela. Notestein et al. (1944) definen esta unidad en Colombia en su estudio de la Concesión Barco. La edad asignada para esta formación es Eoceno inferior a medio, según Hubach (1957) y Van Der Hammen (1958) a partir de datos palinológicos. Se correlaciona con la Formación La Paz y con la parte inferior de la Formación Esmeraldas del Valle Medio del Magdalena.

La unidad presenta areniscas de grano muy fino a medio de forma sub-angular con textura clasto soportada a intermedia de color blanco, amarillo claro a café claro, las capas observadas tienen geometría tabular con espesores potentes que varían de 2m hasta los 20m, cabe resaltar, que esta unidad presenta unas capas de lodolitas de color gris claro que no supera 1m de espesor. Esta unidad aflora sobre la zona central del área rural.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las areniscas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual

Gráfica 17. Perfil tipo de meteorización de areniscas de la Formación Mirador



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza Intermedia, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 18. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25		Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5	(b)	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Salbanda arcillosa dura.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente) a R4 (resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe o del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas y en otros sectores dicha roca requiere más de un golpe con el martillo para fracturarse, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 100 Mpa y un índice de carga puntual de 1-4 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (débil), ya que con un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial, la roca puede ser afectada superficialmente por un cortaplumas, pero con dificultad. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa.

Igualmente, esta unidad presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

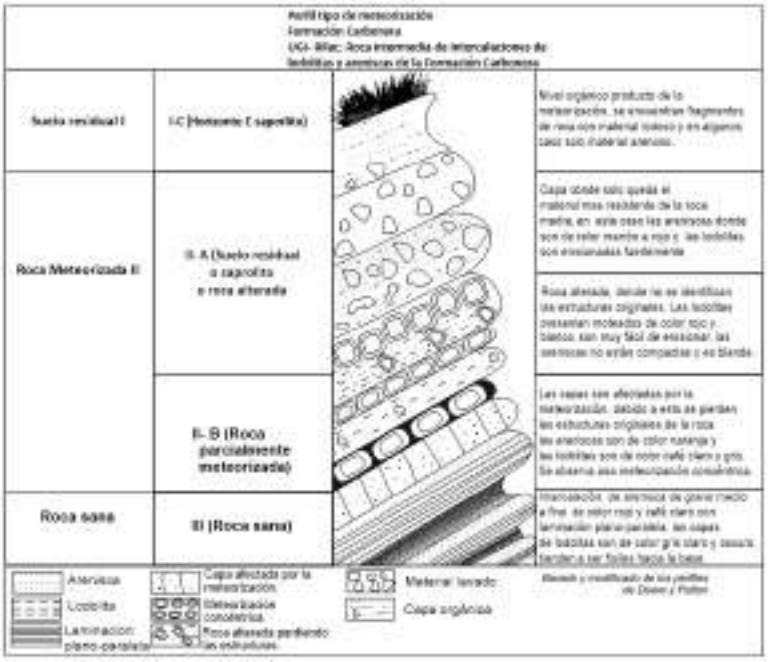
1.1.2.5.1.7 Rocas intermedias de areniscas y lodolitas de la Formación Carbonera (Rilac)

La Formación Carbonera es nombrada por Notestein *et al.* (1944), en la Concesión Barco por la exposición observada en la quebrada Carbonera, tributaria del rio Zulia en el flanco oriental del Anticlinal de Petrolea. Según Sutton (1946) el nombre es usado por Notestein *et al.* (1944) para reemplazar en Colombia los términos "*Primer horizonte de Carbón*" y "Horizonte de shale arenoso" de Liddle (1928, en Sutton, 1946) los cuales son inválidos por no derivarse de una ubicación geográfica (SGC, 2016) La Formación Carbonera se encuentra afectada por la Falla Tasajero Norte. Exhibiendo alto diaclasamiento y en algunos casos basculamiento. Su origen no es claro, Sutton (1946), propone que, por la fauna encontrada, pudo originarse en un ambiente salobre y marino somero.

La unidad está compuesta por intercalaciones de areniscas clasto soportada de grano medio a fino con geometría angular a subangular, de color amarillo claro a gris, con lodolitas de color gris oscuro a marrón, algunas capas tienen la propiedad de ser fisiles. En la parte media se presenciaron niveles de shale carbonosos y mantos de carbón con espesor de aproximadamente 40 a 30 cm, el espesor de las capas de areniscas varia de 3m a 2 m y las capas de lodolitas de 5m a 7m con geometría tabular y laminación plano-paralela. Aflora en la zona central del área Rural del Municipio de Cúcuta. En la Zona Oeste afloran las intercalaciones de Areniscas de grano medio a muy fino de color amarillo claro y espesor de 2m, con capas de lodolitas de color gris claro y con espesor de 8m a 6m aproximadamente.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos perfiles son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para rocas sedimentarias. Se muestra como las intercalaciones de lodolitas y areniscas están siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual.

Gráfica 19. Perfil tipo de meteorización para la Formación Carbonera



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa presenta una dureza intermedia, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 20. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, noita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25		Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5	(b)	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0.25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Saibenda arcillosa dura.

Tomado y modificado de E HOEK, ET BROWN - 1997

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia clase R4 (resistente), ya que un trozo de roca requiere más de un golpe de martillo geológico para fracturarse, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 50 – 100 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En el nivel de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (muy débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1mpa no son muy confiables.

La unidad de intercalación de areniscas y lodolitas presenta una permeabilidad secundaria alta ya que como se definió anteriormente se presentan altamente fracturadas, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

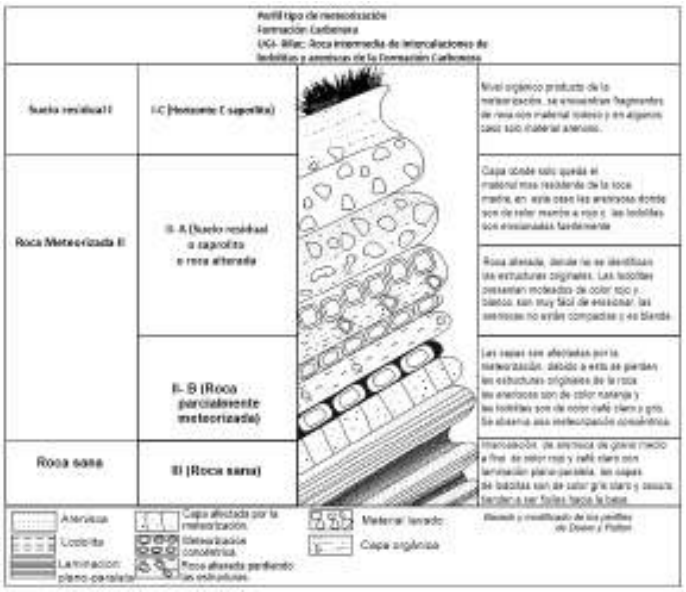
1.1.2.5.1.8 Roca blanda de lodolitas de la Formación Carbonera (Rblc)

Definida por Notestein et al. (1944), el nombre de Formación Carbonera deriva de la Quebrada Carbonera, afluente del Río Zulia, en el flanco oriental del anticlinal La Petrolea de la Concesión Barco, su origen no es claro, según Sutton (1946), propone que, por la fauna encontrada, pudo originarse en un ambiente salobre y marino somero.

La unidad identificada se compone de intercalaciones de arenisca clasto soportada de grano medio a fino de forma angular a subangular, de color amarillo claro a gris, con lodolitas de color gris oscuro a marrón, se observa que algunas capas tienen la propiedad de ser fisiles. Además, en la parte media se aprecian niveles de shales carbonosos y mantos de carbón con espesor aproximadamente de 40 a 30 cm, el espesor de las capas de areniscas varia de 1m a 2m y las capas de lodolitas de 6m a 7m con geometría tabular y laminación plano-paralela. Hacia el suroeste del municipio, afloran las intercalaciones de Areniscas de grano medio a muy fino de color amarillo claro. La Formación Carbonera se encuentra afectada por la Falla Tasajero Norte exhibiendo un alto grado de diaclasamiento y en algunos casos basculamiento.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las lodolitas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual

Gráfica 21. Perfil tipo de meteorización para la Formación Carbonera



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 22. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, areniscas, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Saibanca arcillosa dura.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas, presenta una resistencia de clase R1 (muy débil) y R2 (débil), ya que con la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial y llega a ser tan débil que la roca puede ser disgregada al ser golpeada con la punta del martillo y la roca puede ser afectada superficialmente por un cortaplumas, en ciertas zonas con mayor alteración. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-25 Mpa.

Igualmente, esta unidad de lodolitas potentes con capas de areniscas presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales.

1.1.2.5.1.9 Rocas muy blandas lodolitas de León (Rmbll)

Esta unidad se denomina la Formación Shale de León por Hedberg (citado en Notestein et al., 1944) de la Quebrada León, donde también se ubica la sección tipo a nueve (9) kilómetros al NW de Puerto Villamizar (Norte de Santander), en el flanco oriental del Anticlinal de Petrolea (Notestein et al., 1944). El nombre reemplaza el término “Horizonte Superior de Shale” de Liddle (1928, en Sutton, 1946) inválido por no derivarse de una ubicación geográfica (Notestein et al., 1944; Sutton, 1946), en el levantamiento geológico de la plancha 88 se usa el termino Formación León. (SGC - 2016)

La unidad está compuesta principalmente por lodolitas de color marrón, amarillo claro, gris verdoso a gris claro y tonalidades rojizas, cabe resaltar que algunas lodolitas tienen la propiedad de ser fisiles. En la Vía Puerto Santander y Vía Campanario es común encontrar en la parte superior mineral de yeso en láminas, el espesor de estas capas que se logran presenciar en

algunos sectores es de 2m a 8m aproximadamente. Así mismo esta roca es blanda y es afectada fácilmente por los procesos de meteorización y erosión, generando surcos, cárcavas, hondonadas y tierras malas. En la vereda la Veinticinco las capas de shale se encuentran altamente fracturadas y cabe resaltar que cambian gradualmente de color marrón a gris oscuro y por último un gris más claro, esta última es menos fisil. La Formación León estructuralmente se dispone en sinclinales y anticlinales, en el Cerro Tasajero hace parte del Anticlinal invertido de Tasajero, y específicamente en el bloque yacente de la Falla Tasajero.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las lodolitas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual

Gráfica 23. Perfil tipo de meteorización para lodolitas de la Formación León

Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza muy blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 24. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25		Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5	(b)	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Saltranca arcillosa dura.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas las cuales son las que predominan presenta una resistencia de clase R0 (extremadamente débil) y R1 (muy débil), ya que se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, la roca puede ser afectada superficialmente por un cortaplumas y en otros casos con la uña del pulgar. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 0.25-5 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables.

Igualmente, esta presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales, ayudando esto a presentar moderada susceptibilidad a movimientos en masa.

1.1.2.5.1.10 Rocas intermedias de intercalación de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo (Rilag)

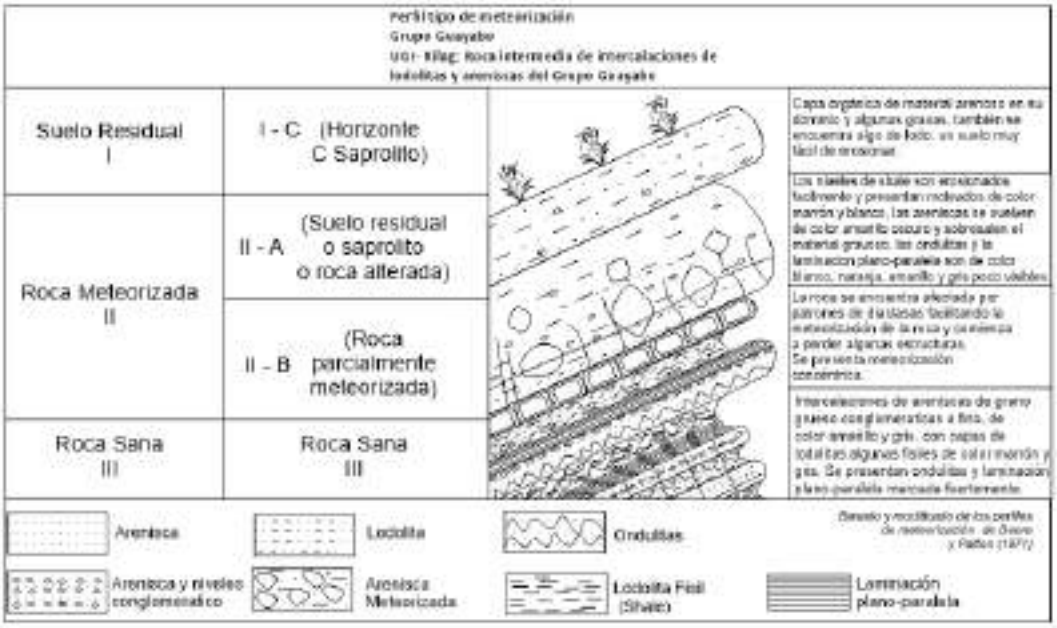
El nombre del grupo Guayabo es tomado del Cerro Guayabo en el Distrito de Colón en Venezuela, introducido por geólogos de la *Carribean Petroleum Company* (Notestein *et al.,* 1944), específicamente descrito por Liddle (1928, en Sutton, 1946) donde posteriormente Notestein *et al.* (1944) la eleva a grupo, no obstante, el grupo no se divide en unidades formales (*e.g.* formaciones) (Sutton, 1946). (SGC, 2016)

La unidad está compuesta por intercalaciones lodolitas de color gris oscuro, marrón, gris claro y naranja, tienen la propiedad de ser fisiles en algunos niveles, con areniscas con tamaño de grano

fino a muy grueso, donde algunas capas son conglomeráticas polimícticas, la forma de los granos es angular a sub redondeada, con color amarillo claro, café claro y gris claro, por otra parte se detallaron las estructuras sedimentarias marcadas fuertemente como laminación cruzada y plano-paralela, estas capas tienen forma tabular y sus espesores se encuentran en rango de 0.50m a 5m aproximadamente para ambas litologías. La roca suele encontrarse con un alto grado de meteorización, es común encontrar erosión diferencial, debido a la acción del agua la cual afecta principalmente las rocas más blandas, alterándolas y disgregándolas a tal punto que las rocas más resistentes se ven afectadas por procesos morfo dinámicos de caída de detritos y bloques.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las intercalaciones de lodolitas y areniscas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual.

Gráfica 25. Perfil tipo de meteorización para los niveles de intercalación de lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 26. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Saltanta arcillosa dura.

Tomado y modificado de E HOEK, ET BROWN - 1997

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia entre clase R4 (resistente) y R3 (moderadamente resistente), ya que se observa una variabilidad de la resistencia según el grado de meteorización presente de forma que un trozo de roca puede fracturarse con algunos golpes o varios, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 50 – 250 Mpa y un índice de carga puntual de 2-10 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (muy débil) y R2 (débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1Mpa no son muy confiables. Esto se confirma con los resultados de los macizos rocosos que se realizaron a las areniscas presentes en todo el Grupo Guayabo.

Igualmente, esta unidad presenta una permeabilidad secundaria alta ya que como se definió anteriormente está altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales, favoreciendo esto a presentar alta susceptibilidad a movimientos en masa.

1.1.2.5.1.11 Rocas intermedias areniscas masivas del Grupo Guayabo (Riamg)

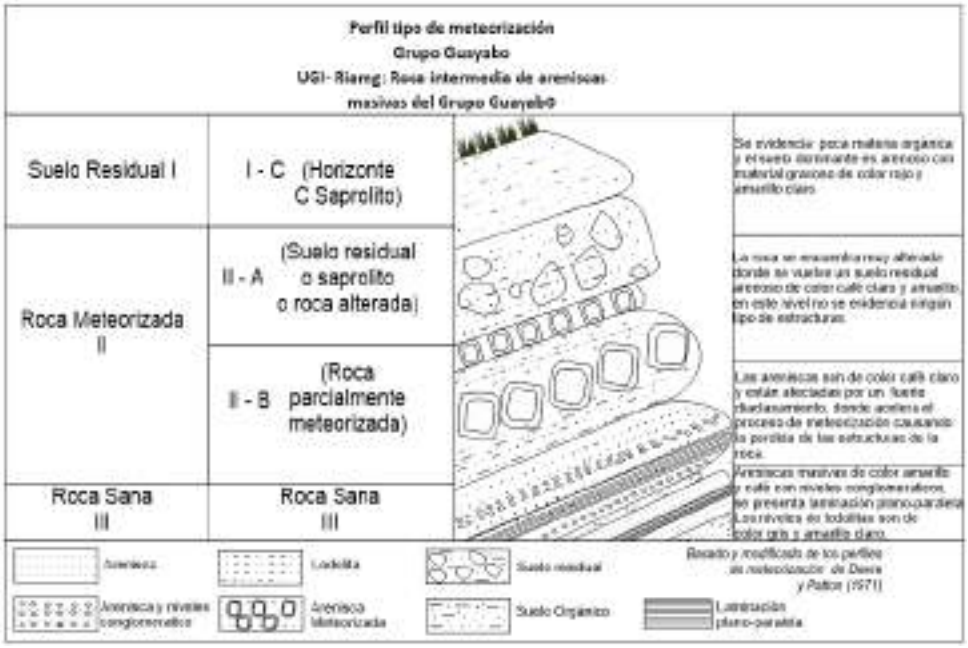
El nombre del grupo Guayabo es tomado del Cerro Guayabo en el Distrito de Colón en Venezuela, introducido por geólogos de la *Carribean Petroleum Company* (Notestein *et al.,* 1944), específicamente descrito por Liddle (1928, en Sutton, 1946) donde posteriormente Notestein *et al.* (1944) la eleva a grupo, no obstante, el grupo no se divide en unidades formales (*e.g.* formaciones) (Sutton, 1946). (SGC, 2016)

La unidad presenta areniscas de tamaños de grano grueso, medio y muy fino con geometría sub angular, principalmente clasto soportada y con color amarillo claro, rojo claro y tonalidades

naranja, en algunas áreas se observa laminación plano paralela, las capas tienen forma tabular y se pueden encontrar con espesor máximo de 15m aproximadamente. Se encuentran algunas áreas que son fuertemente afectadas por diferentes patrones de diaclasas lo cual favorece la meteorización. También se detallan niveles de lodolitas de color gris claro y amarillo claro, su espesor no supera 1m. Aunque son areniscas bastante compactas, como resultado del fuerte diaclasamiento se ven afectadas en alto grado por la meteorización. El Grupo Guayabo (areniscas masivas), se encuentra afectado por el sistema de fallas de Tasajero (Fallas Tasajero y Atalaya), las capas se encuentran plegadas a lo largo del rumbo de las mismas y hacia el sur se encuentra desplazada por la Falla San José.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las areniscas masivas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual.

Gráfica 27. Perfil tipo de meteorización de areniscas masivas del Grupo Guayabo.



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza intermedia, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 28. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca.	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita.
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras.
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25		Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5	(b)	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0,25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Saltanda arcillosa dura.

Tomado y modificado de E HOEK, ET BROWN - 1997

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia entre clase R5 (muy Resistente) y R4 (resistente), ya que presenta una variabilidad de la resistencia según el grado de meteorización presente obteniendo que un trozo de roca puede fracturarse con algunos golpes o varios, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 50 – 250 Mpa y un índice de carga puntual de 2-10 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (débil), ya que un golpe con la punta del martillo geológico deja una identación superficial. Igualmente es descostrada con un cortaplumas, pero con dificultad. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa.

La unidad presenta una permeabilidad secundaria alta, lo cual favorece la infiltración de aguas superficiales, confiriéndole una moderada susceptibilidad a movimientos en masa.

1.1.2.5.1.12 Rocas blandas lodolitas del Grupo Guayabo (Rblg)

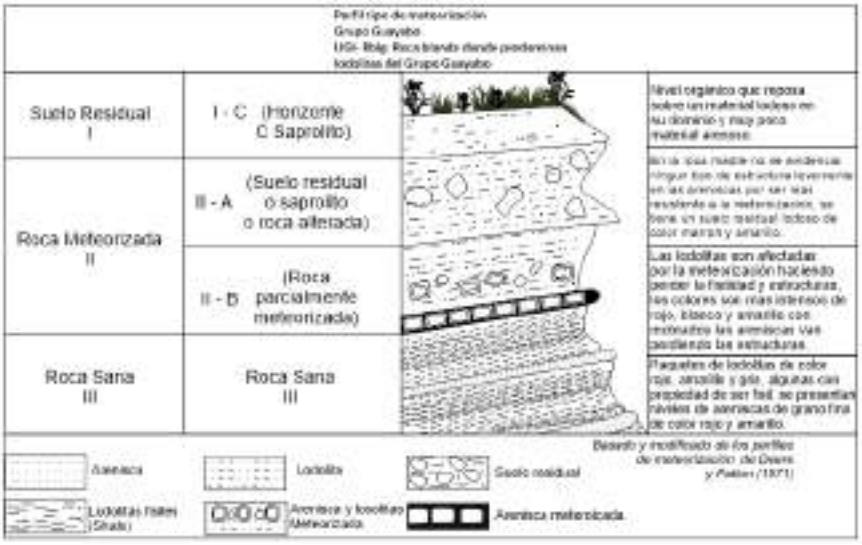
El nombre del grupo Guayabo es tomado del Cerro Guayabo en el Distrito de Colón en Venezuela, introducido por geólogos de la *Carribean Petroleum Company* (Notestein *et al.,* 1944), específicamente descrito por Liddle (1928, en Sutton, 1946) donde posteriormente Notestein *et al.* (1944) la eleva a grupo, no obstante, el grupo no se divide en unidades formales (*e.g.* formaciones) (Sutton, 1946). (SGC - 2016)

La unidad está compuesta por lodolitas de color gris claro, pardo amarillento a rojizo, algunas con propiedades de ser fisiles con hasta 7m de espesor, en ciertas áreas se observan niveles pequeños de areniscas muy fina a fina, la forma de los granos es sub redondeado a subangular, de color amarillo claro a rojo claro de matriz lodosa. Sobre esta unidad es común encontrar erosión diferencial, en surcos y cárcavas. La unidad se encuentra afectada por el sistema de fallas de Tasajero (Fallas Tasajero y Atalaya), las capas se encuentran plegadas a lo largo del rumbo de las

mismas y hacia el sur se encuentra desplazada por la Falla San José. El ambiente de sedimentación es continental.

A continuación, se relaciona un perfil de meteorización tipo que fue basado en los perfiles de meteorización propuestos por Deere y Patton (1971). Estos son para rocas ígneas y en este caso se modifican y aplican para roca sedimentaria. Se muestra como las lodolitas van siendo afectadas por la meteorización hasta llegar a convertirse en suelo residual

Gráfica 29. Perfil tipo de meteorización para lodolitas del Grupo Guayabo



Fuente: Tomado y modificado de Deere y Patton (1971) por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La masa rocosa de esta unidad presenta una dureza blanda, la cual se ha relacionado con la resistencia de la roca a fracturarse mediante al golpe del martillo geológico, según la estimación de campo y la clasificación de E HOEK, ET BROWN - 1997, la cual se encuentra en la siguiente gráfica.

Gráfica 30. Clasificación de la roca según la resistencia

Clase (a)	Calificación de la roca según su resistencia	Resistencia uniaxial (MPa)	Indice de carga puntual (MPa)	Estimación en terreno de la resistencia	Ejemplos
R6	Extremadamente Resistente	> 250	> 10	Golpes de martillo geológico sólo causan descostramientos superficiales en la roca	Basalto fresco, chert, diabasa, gneiss, granito, cuarcita
R5	Muy Resistente	100 – 250	4 – 10	Un trozo de roca requiere varios golpes de martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneiss, granodiorita, caliza, mármol, riolita, toba.
R4	Resistente	50 – 100	2 – 4	Un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Caliza, mármol, filitas, arenisca, esquistos, pizarras
R3	Moderadamente Resistente	25 – 50	1 – 2	Un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible descostrar la roca con un cortaplumas.	Arcillolita, carbón, concreto, esquistos, pizarras, limolitas.
R2	Débil	5 – 25	(b)	Un golpe con la punta del martillo geológico deja una indentación superficial. La roca puede ser descostrada con una cortaplumas pero con dificultad.	Creta, sal mineral, potasio.
R1	Muy Débil	1 – 5		La roca se desgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser descostrada con un cortaplumas.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0.25 – 1		La roca puede ser indentada con la uña del pulgar.	Saibanda arcillosa dura.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible quitar la capa superficial de la roca con un cortaplumas, obteniendo un rango de resistencia uniaxial aparente entre 25 – 50 Mpa y un índice de carga puntual de 1-2 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas, litología que predomina, presenta una resistencia de clase R0 (extremadamente débil), R1 (muy débil) y R2 (débil), ya que con la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial y llega a ser tan débil que la roca puede ser indentada con la uña del pulgar, en ciertas zonas con mayor alteración. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 0.25-25 Mpa y no se tiene un rango de índice de carga puntual debido a que los datos por debajo de 1 Mpa no son muy confiables. Esto se confirma con los resultados de los macizos rocosos que se realizaron a las areniscas presentes en toda la Grupo Guayabo.

La unidad presenta una permeabilidad secundaria moderada, como se definió anteriormente la unidad de roca se presenta altamente fracturada, favoreciendo la infiltración de aguas superficiales, ayudando esto a presentar moderada susceptibilidad a movimientos en masa.

1.1.2.5.2 Unidades de suelo

1.1.2.5.2.1 Unidades de suelo residual (Sr)

Estos suelos residuales y saprolíticos son el resultado de procesos de desintegración y descomposición que las rocas sufren cuando son expuestas a las condiciones atmosféricas. Este fenómeno es conocido como meteorización y es el responsable de la alteración de la roca dando origen a los suelos saprolíticos y los suelos residuales. Los suelos residuales saprolíticos presentan rasgos característicos de la roca madre, como lo son fracturas o diaclasas, grietas y otras estructuras. Los suelos residuales se caracterizan por presentarse in situ o no sufrir ningún tipo de

transporte después de formado perdiendo en la mayoría de las veces las estructuras de la roca madre.

1.1.2.5.2.1.1Suelo residual lodoso de la Formación León (Srlfl)

El material es residual lodoso arcilloso de color café claro, amarrillo claro y rojizo, es común encontrar láminas de yeso, este suelo es afectado bruscamente por las grietas de desecación, erosión paralela y laminar donde es predominante encontrar surcos, cárcavas y hondonadas. Aflora en la Zona Sur hacia los lados del inicio de la Vía Cúcuta- Puerto Santander y Cúcuta-Campanario, presentando un espesor variable entre 2m a 5m.

1.1.2.5.2.2 Unidades de suelo transportado (St)

Estas unidades de suelos se caracterizan por sufrir un transporte después de formarse el suelo in situ. Estos suelos pueden ser transportados por agentes climáticos como vientos y corrientes de agua o por gravedad, produciendo flujos de detritos o masas incoherentes que serán depositados pendiente abajo del lugar donde se genere el flujo.

1.1.2.5.2.2.1Suelo transportado de terraza aluvial (Stta)

Estos suelos son desarrollados por la depositación de materiales con tamaños de finos a gravas que son producto del lavado de las rocas circundantes por la acción de los ríos o afluentes en procesos de erosión fluvial. De base a techo están compuesta por guijarros, cantos, arenas y lodos, su textura es matriz soportada siendo la matriz arenosa y lodosa, la forma de los clastos es redondeada y tiende a ser discoidal – esférica de composición polimíctica con orientación isotrópica, los colores de las arenas y lodos son de rojo claro, marrón, amarillo claro y gris para algunas lodolitas, presenta un alto grado de meteorización de los clastos y baja resistencia (con la punta del martillo, según E HOEK, ET BROWN - 1997). Por otra parte, en algunas áreas los depósitos de terrazas son afectados por la geología estructural donde se puede evidenciar un basculamiento.

1.1.2.5.2.2.2Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi)

Estos suelos se desarrollan a través de periodos de inundación de afluentes o ríos en eventos pluviales intensos. El material transportado se encuentra en niveles intercalados de arenas con materiales arcillosos, su tamaño es variado, niveles de lodos, niveles de limos y niveles de gravas de tamaños de gránulos y guijos. De igual forma los colores son variados de gris claro, a café claro, amarillo claro y café oscuro, su espesor es variables con espesores máximos de hasta 6m.

Esta planicie presenta erosión activa, debido a que esta zona es utilizada para cultivos muy extensos principalmente de arroz, por otra parte, en épocas de invierno el nivel de agua de los dos cauces principales rio Zulia y rio Pamplonita aumenta y cubre en su mayor extensión todo este suelo y en los bordes o márgenes la erosión es de intensidad alta tipo socavación lateral apoderándose de grandes terrenos y limitando en extensión a otros. Presenta una resistencia baja (con la punta del martillo, según E HOEK, ET BROWN - 1997).

1.1.2.5.2.2.3Suelo transportado de cauce aluvial (Stca).

Estos suelos son propios de las superficies de corrientes de agua, que llevan en suspensión, saltación y arrastre material que erosiona a través de su cauce. Se observan gravas, guijos y cantos sueltos sobre el lecho de los ríos y quebradas, y localmente bancos de arenas longitudinales y transversales en los ríos con cauces más amplios. Estos suelos son moderadamente meteorizados y presentan imbricación definida.

1.1.2.5.2.2.4Suelo transportado coluvial (Stco).

Estos suelos son desarrollados a través de depósitos de materiales gruesos que son producto de la erosión de las laderas presentes en la zona rural del municipio y por procesos de movimientos en masa antiguos. En este tipo de suelo el tamaño de clasto encontrado son bloques, cantos y guijarros, cabe resaltar que en algunas áreas los bloques son predominantes. El color varía de rojo claro, amarillo claro y gris claro, tienden a tener una forma prismática a tabular de redondez angular a sub angular y reposan de forma anisotrópica en una matriz de arena y lodo donde presentan un nivel alto a moderado de meteorización. Los clastos se observan con variedad de meteorización dependiendo del material parental. La matriz posee una baja resistencia (con la punta del martillo, según E HOEK, ET BROWN - 1997).

Debido a que el área rural presenta varios tipos de unidades ingenieriles que varían en su perfil de meteorización y parámetros de resistencia se desarrolló una zonificación de zonas homogéneas mediante las etapas de exploración, para así realizar una mejor descripción de las diferentes unidades identificadas, se ilustran las tres (3) zonas homogéneas, comprendidas por las catorce (14) planchas a escala 1:25000 que cubren el área del municipio, siendo la zona 1 (Norte) comprendida por las planchas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, La zona 2 (Centro) conformada por las planchas 7, 8, 9 y 10, y La Zona 3 (Sur) comprendida por las planchas 11, 12, 13 y 14.

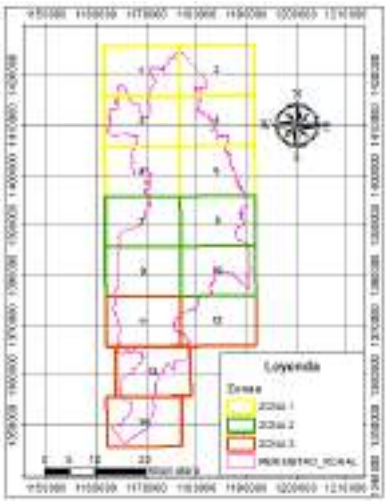
1.1.2.5.3 Zona 1 (NORTE)

El oeste de la Zona 1 tiene un control estructural muy fuerte exhibiendo así unidades de edad Cretácica hasta Cuaternaria, esto facilita su estudio, son rocas afectadas por procesos denudacionales. Así mismo al este, el control es de tipo aluvial donde se presenta una erosión fuerte y depositación intensa de suelo transportado por dos drenajes principales conocidos como el rio Zulia y el rio Pamplona, ambos ríos son tipo meandriforme y fluyen en dirección NE-SW, hacia el norte en la plancha numero 2 el rio Pamplonita desemboca en el rio Zulia.

Las unidades aflorantes en esta zona son : Roca intermedia de areniscas de la Formación Aguardiente (Riaa); Roca blanda de intercalación de lodolitas y areniscas de la Formación Barco (Rblab); Roca intermedia de areniscas masivas de la Formación Cuervos (Rblc); Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador (Riam); Roca intermedia de intercalación de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera (Rilac); Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León; Roca intermedia de areniscas masivas de la Formación Guayabo (Riamg); Roca blanda de lodolitas de la Formación Guayabo (Rblg); Suelo transportado de terraza aluvial (Stta); Suelo transportado de depósito coluvial (Stco); Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi)). Pero debido al

gran número de unidades se tomarán las más representativas, las cuales se describen a continuación:

Mapa 2. División por Zonas del área municipal de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.5.3.1 Roca intermedia de areniscas de la Formación mirador (Riam)

Es unidad se puede observar en el centro poblado La Hortensia, son lodolitas de color gris que varía a marrón moteado, estas rocas están intensamente afectadas por la meteorización, definiendo la erosión laminar. La capa tiene una geometría tabular y un espesor de aproximadamente 2m. Así mismo de la vía la que comunica La Hortensia con la Vereda Agua La Sal se encuentran capas de areniscas de grano muy fino a fina de textura intermedia, equigranular y de color amarillo a rojo claro, la geometría de estas capas es tabular con un espesor aproximadamente de 2m, se encuentra altamente fracturada, presentando una permeabilidad secundaria moderada. En las cercanías a la vereda Agua la Sal se encuentra una litología predominante de arenisca clasto soportada de grano grueso la cual corresponde a la fase entre las formaciones Mirador y Carbonera.

Esta unidad de roca en la parte de las areniscas presenta una resistencia de clase R4 (resistente), ya que un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse, exhibiendo una resistencia uniaxial entre 50 a 100 Mpa. En la parte de las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es descostrada con un cortaplumas. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa.

En el perfil de meteorización tipo para la roca intermedia de areniscas de la formación Mirador, se logra ubicar para este caso que la roca se encuentra parcialmente meteorizada (II-B) y hacia la parte superior ya es suelo residual (II-A). Según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971). Esto se puede evidenciar en las siguientes Graficas:

Gráfica 31. Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador (Riam) . N: 1.403, 569,070, E: 836.824,188, Z: 77.75 m.s.n.m. Ubicación: La Hortensia

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

Gráfica 32 Roca intermedia de areniscas de la formación Mirador (Riam). N: 1.403, 030,170, E: 836.706,291, Z: 84.66 m.s.n.m. Ubicación: 300m antes de llegar a La Hortensia

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

En la vereda Monte Verde sobre la trocha que conduce al cerro Mono donde estan las minas de carbon sector Barranca , se presentan capas gruesas de cuarzoarenitas de grano medio a fino y geometria angular a subangular de color blanco y amarillo claro clastosoportada , y litoarenitas de grano medio y color gris ocuro, todas estas areniscas se encuentran clastosoportada, las areniscas conglomeraticas son de color blanco matriz soportada el tamaño de arena es muy gueso pasando a gravas tipo guijarros , se observo laminacion plano paralela , los niveles de shale son de color gris oscuro y no sobrepasan los 0.50m de espesor.

Gráfica 33. Roca intermedia de la Formación Mirador (Riam). N: 1.409, 586,567, E: 839.931,988, Z: 142.24 m.s.n.m. Ubicación: Barranca - vía las minas de Carbón.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

Gráfica 34. Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador (Riam) donde se observan conglomerados. N: 1.409, 586,567, E: 839.931,988, Z: 142.24 m.s.n.m. Ubicación: Barranca - vía las minas de Carbón.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.3.2 Roca intermedia de intercalaciones de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera (Rilac)

Hacia el suroeste de la Zona 1 en la vereda Agua la Sal por la trocha que conduce a Santa Rosa Lima, se pueden observar intercalaciones de areniscas de grano muy fino a fino, equigranular matriz soportado de color rojo y café claro, con capas de lodolitas compactas de color rojo claro y gris claro, se puede observar claramente una laminación plano-paralela , cabe resaltar que algunas capas son shale de color negro hacia la base y en la parte superior son lodolitas de color gris claro a rojizo, presentan un espesor máximo de 2m. Es posible observar capas de areniscas de grano fino a grueso, de color pardo claro, de formas sub angular a sub redondeados, moderadamente seleccionada con matriz lodosa y en capas de hasta 4m, estas capas son de geometría tabular y presentan porosidad secundaria debido al intenso fracturamiento.

Las areniscas, presentan una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), ya que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe con el martillo geológico, pero no es posible arrancar la parte superficial de la roca con un cortaplumas, exhibiendo una resistencia uniaxial entre 25 a 50 Mpa. En las capas de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (muy débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es afectada superficialmente con un cortaplumas, Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa. Según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown,1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad, se logra observar que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B) y en algunos sectores se encuentra en el horizonte (II-A)

saprolítico o roca alterada, según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 35. Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera (Rilac) afectada por la meteorización. . N: 1.402, 267,873, E: 838.301,980, Z: 136.19 m.s.n.m. Ubicación: Barranca - vía las minas de Carbón.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

Gráfica 36. Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación carbonera (Rilac) lodolitas fisiles hacia la base. N: 1.402, 569,614, E: 838.182,840, Z: 168 m.s.n.m. Ubicación: Vía antigua Santa Rosa Lima

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

En la vereda monte verde sobre la trocha que conduce al Cerro Mono donde estan las minas de carbon sector Barranca, afloran las mismas intercalaciones de capas de areniscas con shale de color gris claro, las capas no sobrepasan los 5m de espesor aproximadamente para ambas litologias.

Gráfica 37. Rocas intermedias de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera (Rilac). N: 1.409, 367,049, E: 840.450,407, Z: 96.79 m.s.n.m. Ubicación: Barranca- vía las minas de Carbón.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.3.3 Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León (Rmbll)

Se localizan hacia el lado oeste de la Zona 1 en la vereda la Veinticinco al borde de la vía que conduce hacia el municipio La Punta, esta unidad se caracteriza por tener intercalaciones de capas de lodolitas fisiles de aproximadamente 3m a 9m de espesor, con color de base a techo gris oscuro a rojizo, shale de color gris oscuro siendo este un poco más resistente y en el techo las lodolitas de color gris claro a blanco. Así mismo, se encuentran afectadas intensamente por 3 familias de diaclasas facilitando su meteorización y erosión, estas capas buzan en promedio 36° al sureste.

Las capas de shale tienen una geometría tabular y presentan porosidad secundaria debido al intenso fracturamiento y su fisilidad, es una roca muy blanda.

Hacia el lado SW de la Zona 1 en la Vereda Agua la Sal vía al Suspiro, se observaron afloramientos de lodolitas naranjas hacia la base y grises hacia el techo con motas rojas, el espesor es de 2m y se encuentran moderadamente meteorizadas.

Esta unidad de roca presenta una resistencia de clase R1 (muy débil), ya que se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es afectada superficialmente con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa. En algunos sectores se observa una resistencia de clase R0 (extremadamente débil) ya que la roca puede ser indentada

con la uña del pulgar, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 0.25 – 1 Mpa, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para la roca muy blanda de lodolitas de la Formación León, se observa principalmente que la roca está parcialmente meteorizada (II-B) y en algunos sectores se encuentra en horizontes de saprolítico, suelo residual (II-A) a suelo orgánico (II-C), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 38. Rocas muy blandas lodolitas de la formación León en la zona norte, tiene la propiedad de ser fisiles a y b, la c pierde la propiedad de ser fisil. N: 1.414, 517,681, E: 841.374,642, Z: 129.30 m.s.n.m Ubicación: Vereda Veinticinco (25)

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

Gráfica 39. Roca muy blanda lodolitas de la formación León afectadas por la meteorización en la zona Norte. N: 1.400, 425,474, E: 837.954,016, Z: 77.81 m.s.n.m. Ubicación: Vereda Agua la Sal- vía Suspiro

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.3.4 Roca intermedia de areniscas masivas del Grupo Guayabo (Riamg)

En la Zona 1 sobre el sitio conocido como La Punta y las vías que conectan a Miraflores y la vereda Caño y Medio, se observan afloramientos de intercalaciones de areniscas con lodolitas. Las areniscas son de grano muy grueso a muy fino clasto soportadas de color amarillo claro y gris claro, siendo equigranulares hacia Miraflores y mal sorteadas conglomeráticas hacia la vereda Caño y Medio, se detalla una laminación plano-paralela y ondulitas de color rojo a naranja, presentan espesores entre 1m y 7m. Algunas lodolitas son fisiles y de color gris claro, naranja a marrón, siendo afectadas de la misma forma por las estructuras sedimentarias nombradas anteriormente, presentan espesores entre 0,5m y 4m. Ambas litologías son afectadas intensamente por la meteorización haciendo perder su resistencia y compactación, en esta litología se pudo evidenciar la presencia de algunos nódulos de arenas con óxidos en el centro.

En la siguiente imagen se observan las capas potentes de areniscas que predominan en la zona, su respectiva laminación plana paralela y un buzamiento de 35° al sureste.

Esta unidad de roca presenta una resistencia principalmente en la parte de las areniscas de clase R4 (resistente) ya que un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse, presentando así un rango de resistencia uniaxial entre 50 y 100 Mpa. En los niveles de lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (muy débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es afectada superficialmente con un cortaplumas, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

Gráfica 40. Rocas intermedias lodolitas y areniscas de la formación Guayabo en la Zona Norte.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017. Imagen tomada en las coordenadas N: 1.416, 789,874, E: 844.747,770, Z: 77.16 m.s.n.m. Ubicación: La Punta vía a la vereda Caño y Medio. E imagen tomada en las coordenadas N: 1.416, 824,842, E: 844.462,791, Z: 79.36 m.s.n.m. Ubicación: Vereda Caño y Medio.

En el perfil de meteorización tipo para la roca intermedia de areniscas masivas del Grupo Guayabo, se observa que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B) y en algunos sectores se encuentra en horizontes de saprolito a suelo residual (II-A); según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

1.1.2.5.3.5 Suelo transportado de depósito de terrazas aluviales (Stta)

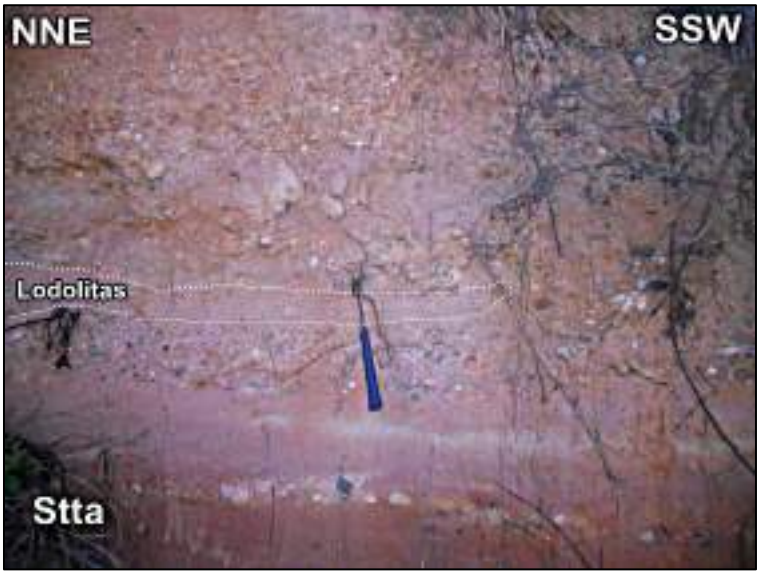
En el centro poblado de Banco de Arena se aprecian suelos transportado de terraza, compuestos niveles de arenas lodos y gravas de tamaño guijos, guijarros y cantos de composición polimíctica. El deposito es matriz soportado y posee color amarrillo claro y rojo, con un espesor de 8m, está afectado intensamente por la meteorización y erosión generando surcos. Así mismo, hacia el NE en la vía Banco de Arena –Vigilancia, se observan los mismos suelos transportados de terraza con variaciones en el color siendo rojo y gris claro, el espesor de este depósito es de 4m y de base a techo es grano decreciente dominando materiales finos hacia el techo, algunos niveles de lodos se acuñan.

Al este de la Zona 1 sobre la vía que comunica Palmarito con el Suspiro se observan afloramientos de 2 m de espesor, en la base son niveles orientados de clastos redondeados de tamaño de arenas muy gruesa y gravas de guijos y gránulos, se encuentran matriz soportados y hacia el techo el material se vuelve lodoso de color naranja.

Gráfica 41. Suelo transportado de terraza aluvial (Stta). N: 1.416, 471, E: 845.766, Z: 61 m.s.n.m. Ubicación: Casco urbano Banco Arena.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017..

Gráfica 42. Suelo transportado de terraza aluvial, niveles con geometría en cuña. . N: 1.420, 412, E: 847, 590 Z: 73 m.s.n.m. Ubicación: Banco Arena-vía a Vigilancia



Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

Gráfica 43. Suelo transportado de terraza aluvial (Stta). Orientación de las gravas. N: 1.420, 412, E: 842, 137, 106 Z: 73 m.s.n.m. Ubicación: La Argelia.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

En el casco urbano de la vereda Amparo la litología presente es un suelo residual lodoso de color amarillo claro a naranja de origen aluvial que se encuentra muy meteorizado

Gráfica 44 Suelo transportado de terraza aluvial (Stta). N: 1.415, 040, 163 E: 845, 699, 865 Z: 68.07 m.s.n.m. Ubicación: Casco urbano Amparo

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

En la Vía a los Cámbulos se observa un suelo transportado de tipo aluvial de terraza, hay niveles de gravas de guijos y guijarros de composición polimíctica, se encuentran matriz soportados con matriz arcillosa y lodosa de color marrón y pardo, hacia la base el nivel es lodoso, se encuentra altamente meteorizado.

Gráfica 45. Suelo de terraza aluvial (Stta) Meteorizado. N: 1.403, 708 E: 850, 748, 264 Z: 73 m.s.n.m. Ubicación: vía los Cámbulos.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

Sobre los centros poblados de Agua clara, La Jarra, La Tigra y Vía Bella Vista Los Pozos , se presentan depósitos aluviales tipo terraza, compuestos por gravas de cantos hasta gránulos redondeados y esféricos de composición polimíctica de color marrillo , los niveles de arena son de grano grueso y son matriz soportadas de color rojizo a gris claro junto con niveles lodosos de color gris claro, algunos se acuñan, las gravas se encuentran clasto soportados con orientación isotrópica en dirección NW-SE claro, por otra parte en el área de la Jarra estos depósitos son afectados por un leve plegamiento.

Gráfica 46 Suelo transportado de terraza aluvial (Stta) dominado por material gravoso. N: 1.040, 201 E: 850, 984 Z: 101 m.s.n.m. Ubicación: Los micos- vía Agua Clara.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

Gráfica 47. Suelo transportado de terraza aluvial (Stta) Afectada por plegamiento. N: 1.040, 201 E: 850, 984 Z: 101 m.s.n.m. Ubicación: Los micos- vía Agua Clara

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

1.1.2.5.4 Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi)

Sobre uno de los márgenes del rio Zulia se pudo observar un paquete de materiales grano decrecientes compuesto de base a techo por areniscas de color café oscuro rojo, niveles de limos de color gris y lodos con tonalidades que van de amarillo a gris, es un suelo muy blando y no consolidado muy fácil de meteorizar y erosionar.

Gráfica 48. Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi). N: 1.415.108 E: 850.162 Z: 61 m.s.n.m. Ubicación: Banco de arena.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

1.1.2.5.4.1 Suelo transportado de cauce aluvial (Stca)

Estos depósitos son de cauce aluvial reciente, excavados por la misma corriente del cauce activo, conformados por arenas medias a muy gruesas de fragmentos líticos, de formas sub-angulares a sub-redondeados, igualmente presenta gravas de tamaño que varía de gránulos a guijarros. En la zona se evidencia el agradamiento de los depósitos de barras en el cauce activo. En la siguiente imagen se observa un ejemplo de este suelo hacia el sector del Pórtico.

Gráfica 49. Suelo transportado de cauce aluvial (Stca). N: 1.415.108 E: 850.162 Z: 61 m.s.n.m. Ubicación: Banco de arena

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.5 Zona 2 (CENTRO)

La Zona 2 está controlada por plegamientos y estructuras exhibiendo litologías de edad Cretácica a Cuaternaria. Hacia el este se encuentra el Cerro Tasajero, tiene una dirección N-S, al este del cerro se encuentra rio Pamplonita el cual tiene una fuerte influencia sobre la forma del paisaje por su erosión constante y depositación de suelos transportado, hacia el lado Oeste de la Zona 2 se encuentra el rio Zulia que marca el límite Rural del municipio de Cúcuta, es un rio meandriforme encargado de modificar el paisaje y depositar gran cantidad de material en sus llanuras.

Las unidades aflorantes en esta zona son : Roca intermedia de areniscas de la Formación Aguardiente (Riaa); Roca blanda de lodolitas de la Formación Capacho (Rblc); Roca blanda de lodolitas de la Formación Catatumbo (Rblct); Roca blanda de intercalación de lodolitas y areniscas de la Formación Barco (Rblab); Roca blanda de lodolitas de la Formación Cuervos (Rblc); Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador (Riam); Roca intermedia de intercalación de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera (Rilac); Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León; Roca intermedia de intercalaciones de lodolitas y areniscas de la Formación Guayabo (Rilag); Roca intermedia de areniscas masivas de la Formación Guayabo (Riamg); Roca blanda de lodolitas de la Formación Guayabo (Rblg); Suelo transportado de terraza aluvial (Stta); Suelo transportado de depósito coluvial (Stco); Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi); Suelo transportado fluvio torrencial (Stft). Pero debido al gran número de unidades se tomarán las diez (10) más representativas, las cuales se describen a continuación:

1.1.2.5.5.1 Roca blanda de lodolitas de la Formación Catatumbo (Rblct)

Esta unidad presenta intercalaciones de lodolitas fisiles de color gris oscuro, ocasionalmente shale de color negro intercalado con niveles muy pequeños de carbón y areniscas cuarzosas de tamaño de grano grueso a medio clasto soportadas, y color amarillo a gris. Las capas de shale tienen geometría tabular y no superan los 15m de espesor y las capas de areniscas poseen como máximo espesores de 3m. Los estratos buzan en promedio 5° en dirección noreste. Las rocas exhiben un grado moderado de meteorización y diaclasamiento.

Esta unidad de roca en las capas de arenisca presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), debido a que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe de martillo geológico, pero no es posible de afectar superficialmente la roca con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 25 – 50 Mpa. En la parte de las lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (muy débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es afectada superficialmente con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa. Las lodolitas tienen una resistencia de clase R0 (extremadamente débil) ya que la roca puede ser indentada con la uña del pulgar. Debido a que las litologías predominantes son de lodolitas se toma como una roca blanda por las características antes mencionadas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 0.25 – 1 Mpa, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad, se observa que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B) y en algunos sectores se encuentran en horizontes de saprolito, suelo residual

(II-A) a suelo orgánico (II-C), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 50. Roca blanda de lodolitas de la formación Catatumbo de la Zona Centro (Rblct). N: 1.379, 533 E: 850, 644 Z: 556 m.s.n.m. Ubicación: Puerto Nuevo- vía vereda Entre Ríos.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.5.2 Roca blanda de intercalación de lodolitas y areniscas de la Formación Barco (Rblab)

Esta unidad está compuesta por lodolitas de color amarillo claro y café claro, hacia la parte del Cerro Tasajero se observan shales de color gris oscuro con un espesor máximo de 3m. Igualmente se observan niveles de areniscas cuarzosas de tamaño de grano muy fino a fino clasto soportadas de color gris claro, amarillo claro y naranja con un espesor máximo de 4m. Los shale y las areniscas del cerro Tasajero muestran estructuras sedimentarias hacia la base como ondulitas y en el techo se observa laminación plano paralela. Estas capas se encuentran afectadas por leves plegamientos.

Localmente en la vereda Los Peracos se observaron areniscas masivas clasto soportadas de color naranja, de la misma manera en el desvió de la mina el Presidente y en las antenas del Cerro Tasajero se encuentran afloramientos con alturas entre 2 m y 15 m.

Las areniscas de esta unidad presentan una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), pues un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe de martillo geológico, pero no es posible afectarla superficialmente con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 25 – 50 Mpa. En la parte de las lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (muy

débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es afectada superficialmente con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa. Debido a que la litología tiene una relación casi de 1 a 1 se toma como una roca blanda por las características antes mencionadas.

En perfil de meteorización tipo para esta unidad se observa que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B) y en algunos sectores se encuentran en horizonte de saprolito (II-A), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 51. Roca blanda intercalaciones de lodolitas y areniscas de la formación Barco (Rblab). . N: 1.380, 053 E: 849, 824 Z: 725 m.s.n.m. Ubicación: Desvió de la mina del Presidente

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

Gráfica 52. Roca blanda intercalaciones de lodolitas y areniscas de la formación Barco (Rblab). N: 1.375, 526 E: 847, 593 Z: 903 m.s.n.m. Ubicación: Antenas del Cerro Tasajero

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017. Roca blanda de lodolitas de la Formación Cuervos (Rblc)

Esta unidad corresponde a intercalaciones de lodolitas de color pardo claro, gris claro y gris oscuro con espesor máximo de 8 m afectadas por la meteorización con capas de areniscas de tamaño de grano muy grueso, grueso, medio a fino, donde en algunas áreas predomina el tamaño fino, es una roca clasto soportada de color pardo y amarillo claro, con espesor máximo de 2m. Se lograron identificar icnofósiles y laminación plano-paralela. Esta unidad aflora sobre la Vía al Arrayan y en la vereda Paso de Dos Ríos.

Esta unidad de roca en las capas de arenisca presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), debido a que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe de martillo geológico, pero no es posible de afectar superficialmente la roca con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 25 – 50 Mpa. En la parte de las lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que con un golpe de la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial y la roca puede ser afectada superficialmente por un cortaplumas, pero con dificultad, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa. Debido a que la litología predominante en esta unidad son las lodolitas, se toma como una roca blanda por las características antes mencionadas, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad, se observa principalmente que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B) y en algunos sectores se encuentran en horizontes de saprolito (II-A), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 53. Roca blanda de lodolitas de la Formación Cuervos (Rblc). N: 1.380, 888 E: 854, 923 Z: 485 m.s.n.m. Ubicación: vía Arrayan

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017..

Gráfica 54. Roca blanda de lodolitas de la formación Cuervos (Rblc). N: 1.379, 995 E: 849, 957 Z: 766 m.s.n.m. Ubicación: En la Mina vereda Paso de dos Ríos

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.5.3 Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador (Riam)

La unidad está Conformada por areniscas de tamaño de grano muy fino a fino, matriz soportadas de composición lodosa y color amarillo y rojo, estas capas presentan geometría tabular y exhiben un espesor máximo de 10m, se encuentran afectadas por un diaclasamiento intenso, categorizando así una porosidad secundaria alta, y una alta meteorización. Esta unidad aflora sobre la Vía El Salado- Antena Aeropuerto en el Cerro Tasajero, presentan buzamiento promedio de 33° en dirección SWW.

Esta unidad de roca en las capas de arenisca presenta una resistencia de clase R3 (moderadamente resistente), debido a que un trozo de roca puede fracturarse con un único golpe de martillo geológico, pero no es posible de afectar superficialmente con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 25 – 50 Mpa. En la parte de las lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que con un golpe de la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial y la roca puede ser afectada superficialmente por un cortaplumas, pero con dificultad, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa. Debido a que la litología predominante en esta unidad son las areniscas, se toma como una roca intermedia por las características antes mencionadas, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad, se pudo observar que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B) y en algunos sectores se encuentra en un horizonte de saprolito(II-A), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 55. Rocas intermedias areniscas de la formación Mirador en la Zona centro (Riam). . N: 1.375, 390 E: 846, 989 Z: 772 m.s.n.m. Ubicación: vía Salado- antena Aeropuerto

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.5.4 Roca intermedia de intercalación de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera (Rilac)

Es unidad se puede observar en Agua Blanca y el Arrayan donde aparece cómo intercalaciones de Areniscas clasto soportadas, con tamaño de grano muy fino a fino, color marrón a marrón rojizo y capas con geometría tabular, con niveles de lodolitas de color gris claro, la dureza de ambas litologías se ha perdido por estar expuestas a los factores de meteorización y erosión. Así mismo, este afloramiento está expuesto de forma natural y su altura es de 30 m.

Vía Puerto Santander en caño Lora, también vía a Ricaurte la unidad se presentó en intercalaciones de areniscas de grano grueso, muy fina a fina matriz soportada de color amarillo claro y café, con lodolitas de color gris claro, los estratos tienen geometría tabular y buzan 25° al noroeste.

Esta unidad de roca en las capas de arenisca presenta una resistencia de clase R4 (resistente), debido a que un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 50-100 Mpa. En la parte de las lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (muy débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, la roca puede ser afectada superficialmente con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1- 5 Mpa. Debido a que la litología de esta unidad tiene una relación 1:1 de lodolitas con respecto a las areniscas, se toma como una roca intermedia por las características antes mencionadas, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad, se observó que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B) y en algunos sectores se encuentran en horizonte de saprolito (II-A), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 56. Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Carbonera. N: 1.390, 106 E: 847, 586 Z: 156 m.s.n.m

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

1.1.2.5.5.5 Roca muy blanda de lodolitas de la Formación León (Rmbll)

Esta unidad está compuesta principalmente por un material lodoso altamente meteorizado de color naranja, a rojizo. Así mismo, como es una roca muy blanda los procesos erosivos que marcan fuertemente esta litología se definen como erosión laminar, en surcos y cárcavas, también se detalla claramente las grietas de desecación, se presenta en capas con geometría tabular.

Se observan principalmente hacia la parte Norte del perímetro urbano del municipio de San José de Cúcuta, Vía Cúcuta- el Salado y vía Cúcuta el Campanario, afloran lodolitas de color naranja hacia la base y color gris hacia el techo con motas rojas, el espesor máximo es de 5m y se encuentran afectadas por un alto grado de meteorización.

Esta unidad de roca presenta una resistencia de clase R1 (muy débil) y en otros sectores de clase R0 (extremadamente débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es afectada superficialmente con un cortaplumas. Presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa. En algunos sectores se observa una resistencia de clase R0 (extremadamente débil) ya que la roca puede ser indentada con la uña del pulgar, presentando un

rango de resistencia uniaxial entre 0.25 – 1 Mpa, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad, se observa principalmente que las rocas están en horizonte de roca parcialmente meteorizada (II-B) a saprolito, suelo residual (II-A), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 57. Rocas muy blandas lodolitas de la formación León (Rmbll). . N: 1.374, 255 E: 843, 459 Z: 265.4 m.s.n.m. Ubicación: Vía Cúcuta el Salado

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.5.6 Roca intermedia de intercalaciones de lodolitas y areniscas de la Formación Guayabo (Rilag)

Esta unidad esta conforma por intercalaciones de areniscas de grano fino, matriz soportadas de color amarillo claro, con niveles de lodolitas en capas de forma tabular con espesor máximo de 2m y de color gris claro. Estas se observan en el puente de Puerto Nuevo en la quebrada la Concepción, igualmente sobre el centro poblado de Puerto Nuevo se presentan intercalaciones de areniscas de tamaño de grano muy fino de color amarillo a pardo, con capas de forma tabular y espesor de hasta 4m, las capas de lodolitas son de color gris claro y se encuentran de forma laminada. Así mismo, las areniscas se encuentran afectadas por tres familias de diaclasas favoreciendo la infiltración del agua y acelerando su meteorización. Las capas buzan en promedio 17°al suroeste.

Esta unidad de roca en las capas de arenisca presenta una resistencia de clase R4 (resistente), debido a que un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse,

presentando un rango de resistencia uniaxial entre 50-100 Mpa. En la parte de las lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que un trozo de roca requiere más de un golpe de martillo geológico para fracturarse, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 50 - 100 Mpa. Debido a que la litología de esta unidad tiene una relación 1:1 de lodolitas con respecto a areniscas, se toma como una roca intermedia por las características antes mencionadas, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad, se observa principalmente que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 58. Roca intermedia de lodolitas y areniscas de la Formación Guayabo (Rilag). N: 1.389, 590 E: 848, 068 Z: 126 m.s.n.m. Ubicación: Puerto Nuevo

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.5.7 Suelo transportado de depósito coluvial (Stco)

Esta unidad está conformada por gravas matriz soportadas que van de cantos hasta gránulos de forma prismática con redondez angular a sub angular y clastos de color grisáceos; presentan bajo grado de meteorización. Así mismo, la matriz está conformada por arenas de tamaño de grano fino a grueso de forma sub angular y color pardo claro, este material tiene una permeabilidad alta a moderada. Los materiales se encuentran distribuidos de forma anisotrópica y son afectadas moderadamente por la meteorización, generando tonalidades rojizas, marrones y café claro.

Estos depósitos se pueden observar principalmente en la Vereda el Mestizo, en la vía que conduce del Zulia a la Y de Agua la Sal y vía a Ricaurte, como en diferentes puntos de esta zona, ya que es la

más afectada por procesos denudativos intensos. Tienen espesores promedio de 5m. Presenta una resistencia variable de clase R0 (extremadamente débil) a R1 (muy débil), debido a que el material rocoso al ser golpeado con la punta del martillo geológico se disgrega y en ocasiones la masa rocosa puede ser indentada con la uña del pulgar, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En la siguiente grafica se observa un depósito coluvial de la zona Centro.

Gráfica 59. Suelo transportado de depósito coluvial (Stco). N: 1.380, 598 E: 854, 547 Z: 370 M.S.N.M.
UBICACIÓN: VÍA RICAURTE

FUENTE: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.5.8 Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi)

Esta unidad está conformada por arenas de grano muy fino a grueso con material lodoso de color pardo claro, gravas esporádicas de tamaño guijos redondeados levemente imbricadas, y meteorización moderada.

Esta unidad se presenta principalmente en Puerto Nuevo vía a Puerto lleras 400m antes de llegar al centro poblado. Presenta un espesor promedio de 2m visibles.

Presenta una resistencia variable de clase R0 (extremadamente débil) a R1 (muy débil), debido a que el material al ser golpeado con la punta del martillo geológico se disgrega y en ocasiones la masa puede ser indentada con la uña del pulgar, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

Gráfica 60. Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi). N: 1.392, 611 E: 847, 243 Z: 116 m.s.n.m. Ubicación: Puerto Nuevo- vía Puerto Lleras.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

1.1.2.5.5.9 Suelo transportado de cauce aluvial (Stca)

Estos depósitos están conformados por arenas medias a muy gruesas de fragmentos líticos, con geometría sub-angular a sub-redondeada, igualmente presenta gravas de tamaño que varía de gránulos a bloques de hasta 2m de diámetro.

En la zona se evidencia el agradamiento de los depósitos de barras en el cauce activo debido a las condiciones climáticas de la zona. En la siguiente imagen se observa un ejemplo de este suelo hacia el sector de Santa Cecilia.

Gráfica 61. Suelo transportado de cauce aluvial (Stca).. N: 1.375.805 E: 850.228 Z: 268 m.s.n.m. Ubicación: Santa Cecilia

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.6 Zona 3 (SUR)

La Zona 3 está controlada por plegamientos y fallamientos exhibiendo litologías de edad cretácica, a Cuaternaria. Esta zona es influenciada por la incidencia del sistema de fallas de Aguas Calientes, al cual se le atribuyen los últimos eventos sísmicos más relevantes. Así mismo hacia la parte central de esta Zona se encuentra localizado el cerro Magro el cual presenta una dirección N-S, paralelo al cerro hacia el lado este se encuentra el rio Pamplonita, responsable en gran parte de la modificación del paisaje por su erosión constante y la formación de suelos transportados. En esta zona se caracteriza por presentar movimientos en masa de grandes dimensiones.

Las unidades aflorantes en esta zona son: Rocas intermedias areniscas de la formación Mirador (Riam), Rocas intermedias lodolitas y areniscas de Carbonera (Rilac), Rocas muy blandas lodolitas de la formación León (Rmbll), Rocas intermedias lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo. (Rilag), Suelo transportado coluvial (Stco), Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi), Suelo transportado de terraza aluvial (Stta), Suelo transportado de cauce aluvial (Stca), las cuales se describen a continuación:

1.1.2.5.6.1 Rocas intermedias areniscas de la formación Mirador (Riam)

La unidad está compuesta por areniscas de grano de medio a muy fino, moderadamente seleccionadas de color rojo claro y amarillo claro con espesor máximo de 8m con niveles de lodolitas de color gris de capas de espesor máximo de 1m, se presentan en capas de geometría tabular. Esta unidad se ve afectada por el sistema de fallas de Aguas Calientes. Aflora principalmente sobre la parte alta del Cerro Magro, al Oeste de San pedro y El Pórtico.

Esta unidad en las capas de arenisca presenta una resistencia de clase R4 (resistente), debido a que un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 50– 100 Mpa. En la parte de las lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que con un golpe de la punta del martillo geológico deja una indentacion superficial y la roca puede ser afectada superficialmente por un cortaplumas, pero con dificultad, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 5-25 Mpa. Debido a que la litología predominante en esta unidad son las areniscas, se toma como una roca intermedia por las características antes mencionadas, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo se observa que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 62. Roca intermedia de areniscas de la Formación Mirador (Riam).. N: 1.374, 658 E: 846, 687 Z: 594 m.s.n.m. Ubicación: vía cerró Tasajero- el Salado.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

1.1.2.5.6.2 Rocas intermedias lodolitas y areniscas de Carbonera (Rilac)

Esta unidad está conformada por intercalaciones de areniscas de grano medio a fino matriz soportadas, su color es amarillo claro, naranja y gris, las capas tienen geometría tabular y su espesor no pasa de los 6m, las lodolitas son de color gris claro y amarillo, presentan un espesor máximo de 7m, ambas litologías se encuentran afectadas por la meteorización y diaclasamiento, presentando así una porosidad secundaria moderada. Tienen buzamientos promedio de 65° al suroeste.

Esta unidad aflora principalmente en la parte media del Cerro Magro al Oeste del Pórtico y de San Pedro, su extensión se puede observar en los sectores aledaños a las minas de extracción de carbón.

Esta unidad en las capas de arenisca presenta una resistencia de clase R4 (resistente), debido a que un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 50-100 Mpa. En la parte de las lodolitas presenta una resistencia de clase R1 (muy débil), ya que la roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, y puede ser afectada superficialmente con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1- 5 Mpa. Debido a que la litología de esta unidad tiene una relación 1:1 de lodolitas con respecto a areniscas, se toma como una roca intermedia por las características antes mencionadas y según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad, se observa principalmente que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B) y en algunos sectores se encuentran en horizonte de saprolito(II-

A), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 63. Rocas intermedias lodolitas y areniscas de la formación Carbonera de la zona Sur (Rilac). . N: 1.332, 506 E: 837, 813 Z: 715 m.s.n.m. Ubicación: Mina

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017

1.1.2.5.6.3 Rocas muy blandas lodolitas de la formación León (Rmbll)

Esta unidad presenta principalmente un material lodoso altamente meteorizado de color naranja, café claro y rojo. Así mismo, como es una roca muy blanda los procesos erosivos que marcan fuertemente esta litología son: erosión laminar, en surcos y cárcavas, también se observan grietas de desecación, algunas capas presentan laminas del mineral de Yeso. Las capas tienen geometría tabular.

Cabe señalar, que en la Zona 3 hacia la parte NW en inmediaciones del Carmen de Tonchalá se presentan afloramientos de lodolitas de color naranja hacia la base y color gris hacia el techo con motas rojas, el espesor máximo es de 5m y se encuentra afectado por un grado de meteorización alto.

Esta unidad de roca presenta una resistencia de clase R1 (muy débil) y en otros sectores de clase R0 (extremadamente débil), ya que se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico, igualmente es afectada superficialmente con un cortaplumas, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 1-5 Mpa. En algunos sectores se observa una resistencia de clase R0 (extremadamente débil) ya que la roca puede ser indentada con la uña del pulgar, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 0.25 – 1 Mpa, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad, se observa que las rocas se encuentran en horizonte de saprolito, suelo residual (II-A) a suelo orgánico (II-C), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 64. Roca muy blanda lodolitas de la formación León (Rmbll). N: 1.359.701 E: 835.604 Z: 298 m.s.n.m. Ubicación: Carmen de Tonchalá

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.6.4 Rocas intermedias lodolitas y areniscas del Grupo Guayabo. (Rilag)

Esta unidad está compuesta por intercalaciones de Areniscas de grano medio a fino, color gris, amarillo y tonalidades rojas, principalmente cuarzosas, moderadamente seleccionadas de espesor máximo de 3m, con lodolitas de color gris hacia el Sur y de color amarillo hacia el Norte. Ambas litologías se encuentran afectadas por un fuerte diaclasamiento, lo que facilita la infiltración de agua y acelera los procesos de meteorización. El espesor de las capas de lodolitas es variado y no superan los 6m.

Esta unidad aflora principalmente sobre la vía que comunica a El Pórtico con El Carmen de Tonchalá, en inmediaciones de la hacienda San Felipe.

Esta unidad, en las capas de arenisca presenta una resistencia de clase R4 (resistente), debido a que un trozo de roca requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 50-100 Mpa. En la parte de las lodolitas presenta una resistencia de clase R2 (Débil), ya que un trozo de roca requiere más de un golpe de martillo geológico para fracturarse, presentando un rango de resistencia uniaxial entre 50 - 100 Mpa. Debido a que la litología de esta unidad tiene una relación aproximada 1:1 de lodolitas con respecto a areniscas, se toma como una roca intermedia por las características antes mencionadas y según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

En el perfil de meteorización tipo para esta unidad se observa que las rocas están parcialmente meteorizadas (II-B) y en algunos sectores se están en horizonte de saprolito (II-A), según lo observado en campo y lo correlacionado con la tabla modificada de Deere y Patton (1971).

Gráfica 65. Roca intermedia lodolitas y areniscas de la formación guayabo Perfil II-B. (Rilag). N: 1.361, 252 E: 840, 006 Z: 359 m.s.n.m. Ubicación: Vía Carmen de Tonchalá.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

Gráfica 66. Roca intermedia lodolitas y arenisca de la formación Guayabo (Rilag) Perfil II-A. N: 1.374, 232 E: 839, 749 Z: 293 m.s.n.m. Ubicación: Vía Cúcuta- Campanario

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.6.5 Suelo transportado coluvial (Stco)

Esta unidad está conformada por gravas y arenas de color marrón, con bloques de hasta 6m de diámetro, de color pardo claro, y composición arenosa con tamaños de arena muy fina a media, meteorización moderada, y geometría angular a subangular, se encuentran embebidos en una matriz areno-lodosa.

Afloran sobre la vía de la granja avícola hasta la Hacienda Carrillo después de San Pedro. Presentan un espesor promedio visible de hasta 10m. Se localizan principalmente hacia la parte este de la Zona 3, el principal deposito coluvial se encuentra localizado hacia San Pedro donde se presentó históricamente un evento de movimiento en masa en el año 2011.

Presenta una resistencia variable de clase R0 (extremadamente débil) a R1 (muy débil), debido a que el material rocoso al ser golpeado con la punta del martillo geológico se disgrega y en ocasiones la masa rocosa puede ser indentada con la uña del pulgar, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

Gráfica 67. Suelo transportado coluvial (Stco) donde se observa claramente el tamaño dominante. N: 1.360, 131 E: 841, 216 Z: 470 m.s.n.m. Ubicación: Vía hacienda Carrillo.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017..

Gráfica 68. Suelo transportado coluvial (Stco). N: 1.360, 131 E: 841, 216 Z: 470 m.s.n.m. Ubicación: Vía hacienda Carrillo

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.6.6 Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi)

Esta unidad está conformada por arena de tamaño muy fino a gruesas con material lodoso de color pardo claro, con gravas esporádicas de tamaño guijos. Presentan una leve imbricación, y meteorización moderada.

Esta unidad se presenta principalmente en la parte Este de la Zona 3 vía Cúcuta – San Pedro. Presenta un espesor máximo visible de 1m.

Tiene una resistencia variable de clase R0 (extremadamente débil) a R1 (muy débil), debido a que el material rocoso al ser golpeado con la punta del martillo geológico se disgrega y en ocasiones la masa rocosa puede ser indentada con la uña del pulgar, según la tabla de estimación en terreno de la resistencia en compresión uniaxial. (Hoek y Brown, 1997).

Gráfica 69. Suelo transportado de planicie de inundación (Stpi). N: 1.357.793 E: 840.686 Z: 394 m.s.n.m. Ubicación: Vía El Pórtico – San Pedro.

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.6.7 Suelo transportado de terraza aluvial (Stta)

Esta unidad está compuesta en la base por guijarros y cantos matriz soportados, y en el techo por arenas y lodos, la forma de los clastos es redondeada y tiende a ser discoidal – esférica con composición polimíctica y orientación isotrópica, los colores de las arenas y los lodos son rojo claro, marrón, amarillo claro y gris para algunas lodolitas. Los materiales se disponen con geometría tabular, a excepción de algunas arcillas que tienen forma de cuña.

La unidad presenta un alto grado de meteorización de los clastos y baja resistencia ante un golpe con la punta del martillo geológico. (Hoek & Brown, 1997).

Gráfica 70. Suelo transportado de terraza aluvial (Stta). N: 1.357.793 E: 840.686 Z: 394 m.s.n.m. Ubicación: Vía El Pórtico – San Pedro

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.5.6.8 Suelo transportado de cauce aluvial (Stca)

Estos depósitos están conformados por arenas medias a muy gruesas, de geometría sub-angular a sub-redondeada, igualmente presenta gravas de tamaño que varía de gránulos a guijarros. En la zona se evidencia el agradamiento de los depósitos de barras en el cauce activo. En la siguiente imagen se observa un ejemplo de este suelo hacia el sector del Pórtico.

Gráfica 71. Suelo transportado de cauce aluvial (Stca). N: 1.357.793 E: 840.686 Z: 394 m.s.n.m. Ubicación: Vía El Pórtico – San Pedro

Fuente: UNION TEMPORAL PLANENADO CUCÙTA, 2017.

1.1.2.6 Geología Estructural

El área rural del municipio de San José de Cúcuta se encuentra dominada por sistemas de fallas en tres direcciones predominantes, la cuales corresponden a la evolución tectónica a lo largo del tiempo geológico de los Andes del Norte Colombianos y los Andes de Mérida en Venezuela. Durante la fase de campo se encontraron estructuras de plegamiento regional y local, asociadas al sincronismo y evolución de las fallas geológicas presentes.

Los sistemas de fallas y pliegues principales corresponden a los rasgos estructurales más representativos en cuanto a su extensión, desplazamiento y origen. Se encontraron sistemas de fallas principales en dirección NE-SW y N-S, fallas secundarias en dirección transversal a los sistemas principales; sin embargo, las fallas transversales se relacionan como el sistema más joven, conforme a las relaciones de corte establecidas por rasgos geomorfológicos y, en coherencia con estudios recientes a lo largo de la Cordillera Oriental como los trabajos de García & Jiménez (2016), Jiménez *et al*., (2017), entre otros.

1.1.2.6.1 Antecedentes.

En el municipio de San José de Cúcuta se han realizado diversos estudios con fines geológicos como se menciona en ítems anteriores; sin embargo, la caracterización de las estructuras en todo el municipio presenta diferentes niveles de profundización conforme a los estudios realizados y las áreas cubiertas por los mismos.

El área de trabajo del presente estudio presenta una alta dificultad debido a su complejo esquema estructural y al poco estudio detallado que hay de la zona, aun así los autores consultados, casi en su mayoría concuerdan que el sistema estructural presente en el área del municipio de San José de Cúcuta, está influenciado por dos sistemas tectóno-estructurales principales, un sistema con una tendencia principalmente N-S de régimen compresivo asociado a la orogenia de la Cordillera Oriental, y otro de tipo transcurrente asociado al levantamiento de los Andes de Mérida (sistema de falla Boconó), donde este último es el que mayor grado de estudio presenta.

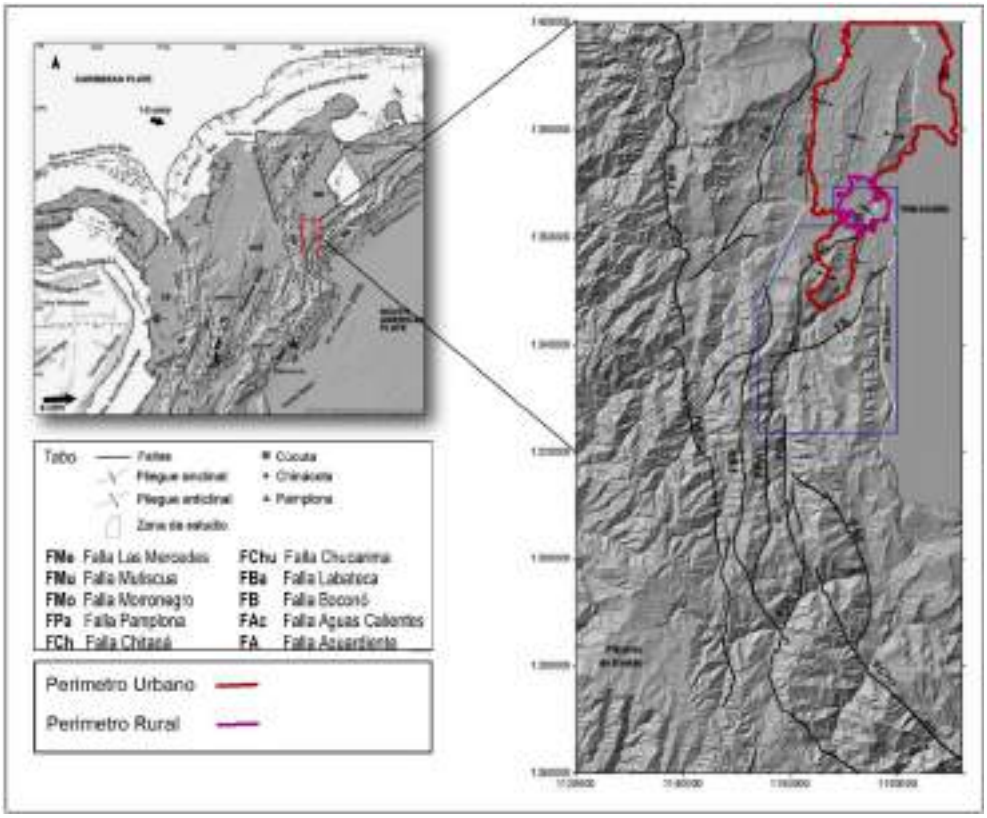
La unión de la geología de las planchas 77-Campo Dos, 78-Puerto Santander, 87-Sardinata, 88-Cúcuta, 98-Durania y 99-Villa del Rosario realizada por el Servicio Geológico Colombiano, cubren la totalidad del área determinada para el municipio, las cuales muestran la cartografía de pliegues, fallas y lineamientos a escala 1:100.000.

Para la zona norte se tuvo como referencia las memorias explicativas de las panchas geológicas 77-Campo Dos, 78-Puerto Santander, en las que se indica un sistema tectónico compresivo (E-W a NW-SE) definido por fallas inversas y pliegues por propagación de fallas, con direcciones NS – NE. Este tipo de estructuras es el resultado del régimen compresivo en la zona, el cual se genera como respuesta al empuje hacia el occidente del bloque Maracaibo contra el bloque norandino, desde el Plioceno.

Diederix et al. (2009), establece la relación de las principales fallas que cruzan la zona del casco urbano de Cúcuta y sus alrededores en el norte de Santander. En este trabajo se desarrolló un mapeo de neotectónica y evolución paleosismológica de algunas fallas con el fin de encontrar

evidencias de sismos prehistóricos y su actividad en el cuaternario, por lo que se enfatizó principalmente en dos sistemas de fallas que son: el sistema Aguascalientes y el sistema Boconó; este estudio se desarrolló como un anticipo al proyecto de microzonificación sísmica de Cúcuta y alrededores, por tanto, el enfoque fue establecer el grado de actividad de las principales fallas que cruzan la zona de estudio y en general la deformación cortical cuaternaria. Para lograr estos objetivos se realizaron levantamientos neotectónicos detallados a escala 1:25.000, de los corredores de los dos sistemas de fallas principales: el sistema de San Pedro-Aguascalientes (nombre con el que se conoce en Venezuela) y el sistema de Palo Colorado - Boconó, nombre propuesto por Boinet (1985), dentro del sector sur de la zona centro y la zona sur definidas en el presente proyecto, haciendo énfasis en las fallas Aguascalientes y el Pórtico, subsidiarias del sistema de fallas Aguascalientes-Boconó, ya que se considera que estas estructuras pueden ser las responsables de los principales sismos ocurridos en el área de Cúcuta (Audemard, 1997, Ramírez, 1975, Singer y Beltrán 1996, Diedrix et al 2009).

Gráfica 72. Mapa regional estructural del área de estudio y la influencia del sistema de Aguascalientes.

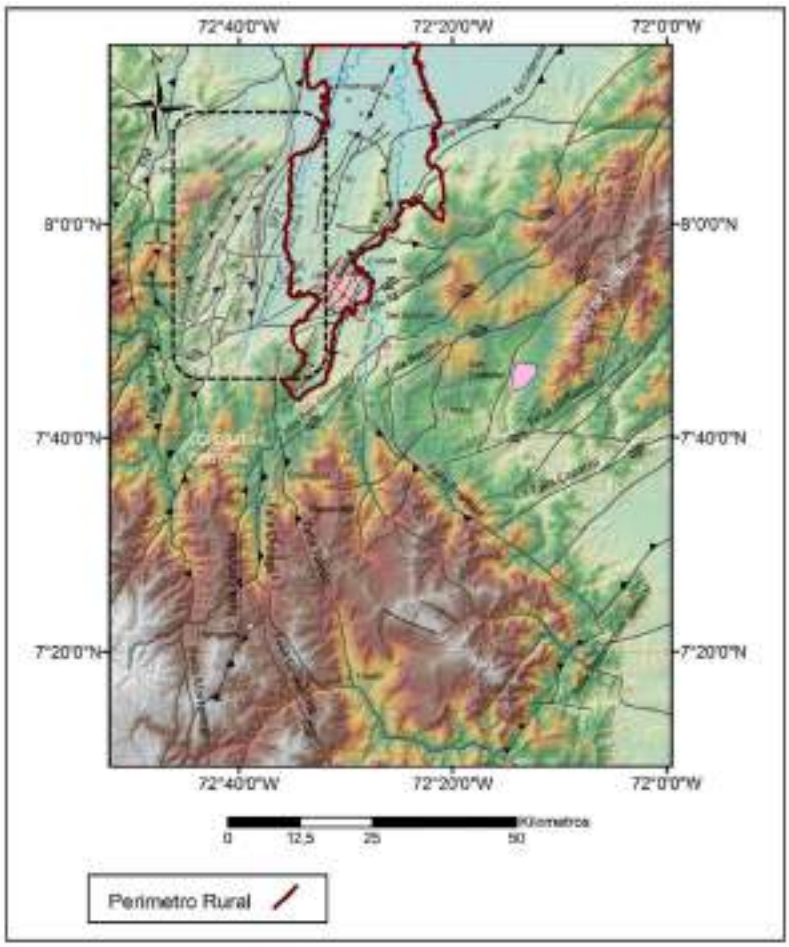


Fuente: Modificado de Diederix, et al. 2009.

Para la zona centro - occidental definida en el presente proyecto, se tomó como referencia adicional a las memorias explicativas de las planchas mencionadas anteriormente, el estudio realizado en Oviedo (2016) como trabajo de tesis de maestría denominado, “Geomorfología tectónica del sistema de fallas del Zulia en el flanco occidental del sinclinal del Zulia, norte de

Santander – Colombia". Este trabajo como su nombre lo indica se enfocó en el sistema de fallas del Zulia, el sinclinal del Zulia, y las fallas de Icuperena y Aguardiente, con el ánimo de entender las deformaciones en las terrazas de la orilla occidental del rio Zulia; donde el autor concluye que el régimen compresivo generado por la actuación de estas fallas es el causante de la deformación generada sobre los flancos del sinclinal de Zulia y de las terrazas aluviales del rio Zulia; y que estas áreas se deben estudiar de una manera más detallada para entender el efecto de este sistema de fallas sobre las rocas localizadas en la margen oriental del Zulia, y como una posible fuente sismológica adicional en el área.

Gráfica 73. Mapa regional del área de estudio y la influencia del sistema de fallas del Zulia.



Fuente: Modificado de Oviedo, 2016.

Cabe resaltar que, los trabajos anteriormente mencionados se tomaron solo como base, ya que la escala de trabajo de estos, es a nivel regional, por lo que los trazos de las estructuras encontradas se pulieron a la escala 1:25.000 conforme a lo encontrado en campo, los análisis morfométricos mediante la utilización del DEM y análisis de drenajes.

1.1.2.6.2 Metodología empleada para la definición de las estructuras.

La metodología empleada para la definición de las estructuras se basó en tres fases principales: aprestamiento, reconocimiento y oficina; posteriormente se realiza una última fase donde se presentan los resultados para la revisión y concertación de los resultados (Gráfica 74).

Gráfica 74. Diagrama metodológico para la definición de las estructuras presentes en el municipio de San José de Cúcuta.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Durante los recorridos de campo se realizaron medición de datos de fracturas, análisis de morfologías de origen estructural, tales como espolones faceteados, lomos de presión, lomos de falla, ganchos de falla, entre otros; toma de datos de estratificación, y análisis de los drenajes secundarios, los cuales en algunos casos presentaban saltos topográficos importantes relacionables a la presencia de fallas (Cárdenas et al., 2014). Posteriormente, se realizó durante la fase oficina la interpolación entre los datos estructurales, la geomorfología y la fotointerpretación para la definición de los trazos de las estructuras.

Además, se realizó un análisis de fracturas y tres cortes geológicos (uno para cada zona) con el fin de modelar su comportamiento con respecto a las unidades y verificar su cinemática.

Es de resaltar, que la zona presenta altos niveles de erosión y de intervención antropogénica, que dificultan la observación de lineamientos asociados a características morfogenéticas específicas, ya que muchas de estas se encuentran denudadas o intervenidas; por tanto, hubo mayor dificultad en la definición de las estructuras correspondientes a fallas y pliegues para los sectores donde no se pudo acceder, por lo que se optó por trazos inferidos, definiéndolas en algunos casos como estructuras secundarias.

1.1.2.6.3 Definición de los sistemas de fallas

En total se cartografiaron 49 fallas geológicas y 8 pliegues dentro del área del municipio de San José de Cúcuta, las cuales se distribuyen en las zonas definidas (norte, centro y sur) de forma específica, conforme al estilo estructural que presentan. Además, de acuerdo con el grupo de trabajo de geología, se establecieron sistemas de fallas principales y secundarias, conforme a la magnitud de los saltos estratigráficos, su influencia en la topografía, la relación con otras estructuras y su extensión (Tabla 4).

Tabla 4. Zonificación de las fallas geológicas presentes en el área rural del municipio de San José de Cúcuta.

ZONA	ESTRUCTURA	TIPO DE ESTRUCTURA	SISTEMA
NORTE	Falla San Miguel	Falla Principal inversa	N-S
	Falla Cerro	Falla principal inversa	
	Falla Las Delicias	Falla secundaria inversa	
	Falla Hortensia	Fala principal inversa	
	Falla Carbonera	Falla principal inversa	
	Falla Bijagual	Falla secundaria inversa	
	Falla Leoncito	Falla principal inversa	
	Falla San Pablo	Falla secundaria de rumbo	WNW-ESE
	Falla Santa Rita	Falla secundaria de rumbo	
	Falla El Trompillo	Falla secundaria de Rumbo	
	Sinclinal El Trompillo	Sinclinal principal	N-S
	Anticlinal Gonzales	Anticlinal principal	
	Anticlinal de La Floresta	Anticlinal secundario	NE-SW
CENTRO	Falla La Motilona	Falla secundaria inversa	N-S
	Falla de Araque	Falla secundaria inversa	
	Falla Antonia Santos	Falla secundaria inversa	
	Falla de Puerto Nuevo	Falla Principal inversa	NE-SW
	Falla Piedemonte Occidental	Falla Principal inversa	
	Falla La Arenosa	Falla Principal inversa	
	Falla El Silencio	Falla Principal inversa	
	Falla Guayabal	Falla Principal inversa	
	Falla Mucuras	Falla Principal inversa	
	Falla Tasajero Norte	Falla Principal inversa	
	Falla Tasajero	Falla Principal inversa	
	Falla La Corralera	Falla Principal inversa	
	Falla El Cerrito	Falla Principal inversa	

ZONA	ESTRUCTURA	TIPO DE ESTRUCTURA	SISTEMA
	Falla San Faustino	Falla Principal inversa	
	Falla Blanquitas	Falla Principal inversa	
	Falla Ricaurte	Falla Principal inversa	
	Falla San Joaquín	Falla secundaria de rumbo	WNW-ESE
	Falla de Cuberos	Falla principal de rumbo	
	Falla Santa Helena	Falla principal de rumbo	
	Falla El Campanario	Falla principal de rumbo	
	Falla Los Canelos	Falla principal de rumbo	
	Falla La Quinta	Falla principal de rumbo	
	Falla Campo Alegre	Falla secundaria de Rumbo	
	Falla La Espinera	Falla secundaria de rumbo	
	Falla La Plata	Falla secundaria de Rumbo	
	Falla Guaimarala	Falla secundaria de Rumbo	
	Falla El Lobo	Falla secundaria de Rumbo	
	Falla San José	Falla principal de rumbo	
	Anticlinal de Mucurera	Anticlinal principal	N-S
	Sinclinal de Oripaya	Sinclinal principal	
	Sinclinal del Zulia	Sinclinal principal	NE-SW
	Anticlinal de La Plata	Anticlinal secundario	
	Sinclinal de Pamplonita	Sinclinal secundario	
	Anticlinal de Tasajero	Anticlinal principal	
SUR	Sistema de Fallas del Gavilán	Falla principal inversa	N-S
	Falla Atalaya	Falla principal inversa	NE-SW
	Falla San Rafael	Falla secundaria inversa	
	Falla Aguascalientes	Falla principal de rumbo	
	Falla La Pulido	Falla secundaria de rumbo	WNW-ESE
	Falla Cañaverales	Falla secundaria de rumbo	
	Falla La Selva	Falla principal de rumbo	
	Falla La Ceibita	Falla secundaria de rumbo	
	Falla La Mina	Falla Principal de rumbo	
	Falla La Regadera	Falla secundaria de rumbo	

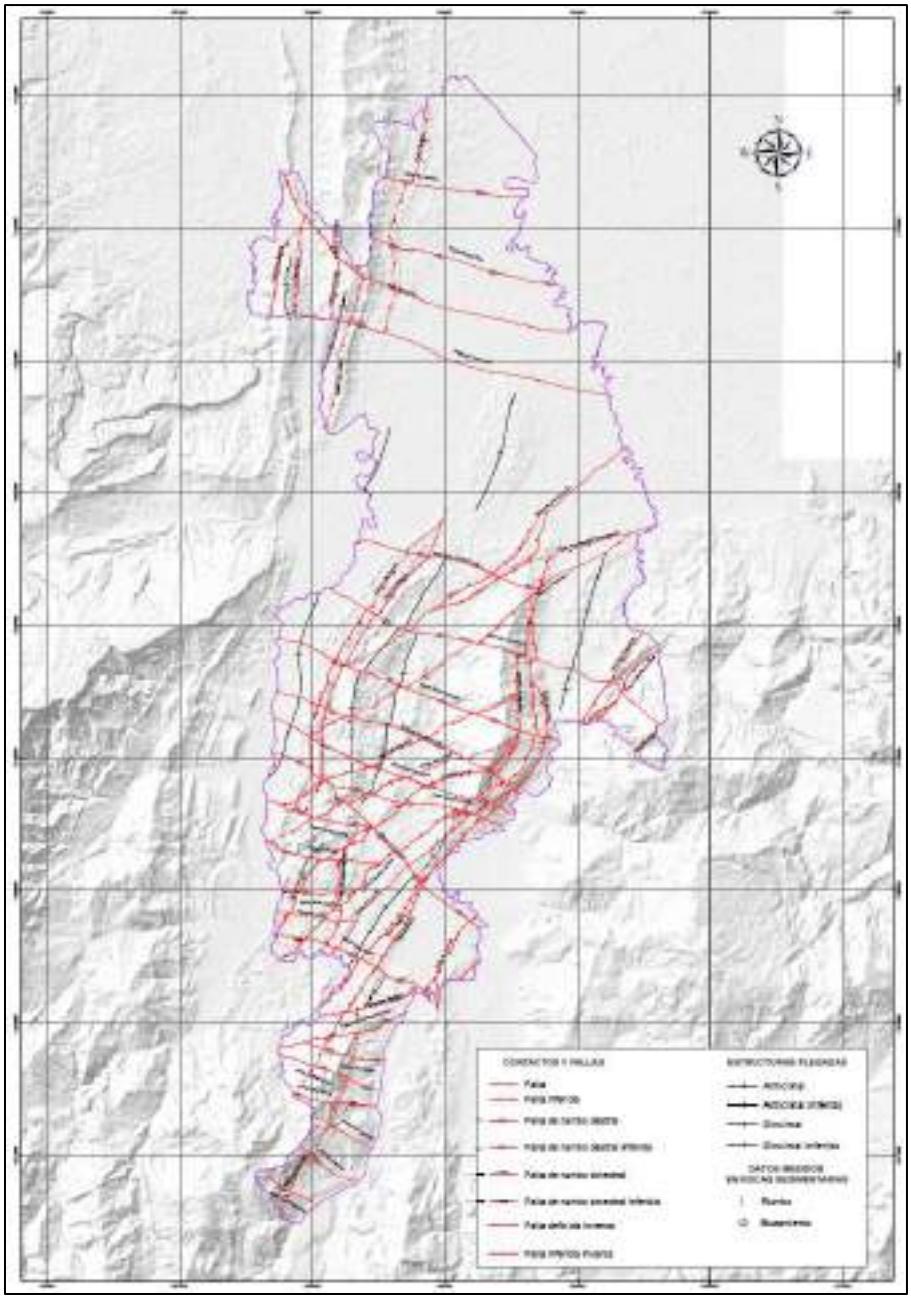
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

En la zona norte se observan predominantemente las fallas en dirección N-S aproximadamente, estas se encuentran cortadas y desplazadas por los sistemas de fallas transversales en dirección WNW-ESE. Para la zona centro se tiene una mayor complejidad debido a la presencia un tercer sistema en dirección oblicua NE-SW de carácter inverso principalmente, y el aumento de fallas transversales asociadas a ganchos de fallas y lomos de obturación; mientras hacia la zona sur se encuentran principalmente sistemas de fallas transversales, seguidas del sistema en dirección NE-SW y una falla en sentido N-S (Mapa 3).

Los sistemas de fallas principales se definen a partir de la magnitud de los saltos estratigráficos, los cuales incluyen los contactos entre diferentes formaciones estratigráficas; su influencia en el relieve, ya que asocian características fisiográficas mayores y desviaciones en las mismas, la relación con otras estructuras y un trazo carácter regional.

Las fallas longitudinales presentan dos direcciones de rumbo, una N-S que es más dominante hacia el sector norte y centro, donde en su gran mayoría asocian el levantamiento topográfico de algunos de los rasgos fisiográficos más importantes; el segundo sistema en dirección NE-SW, se asocia a fallas inversas de altos desplazamientos como la Falla de Tasajero, que hacia el centro se ven ligeramente desplazadas por fallas transversales en dirección WNW-ESE.

Mapa 3. Mapa de rasgos estructurales presentes en el municipio de San José de Cúcuta.

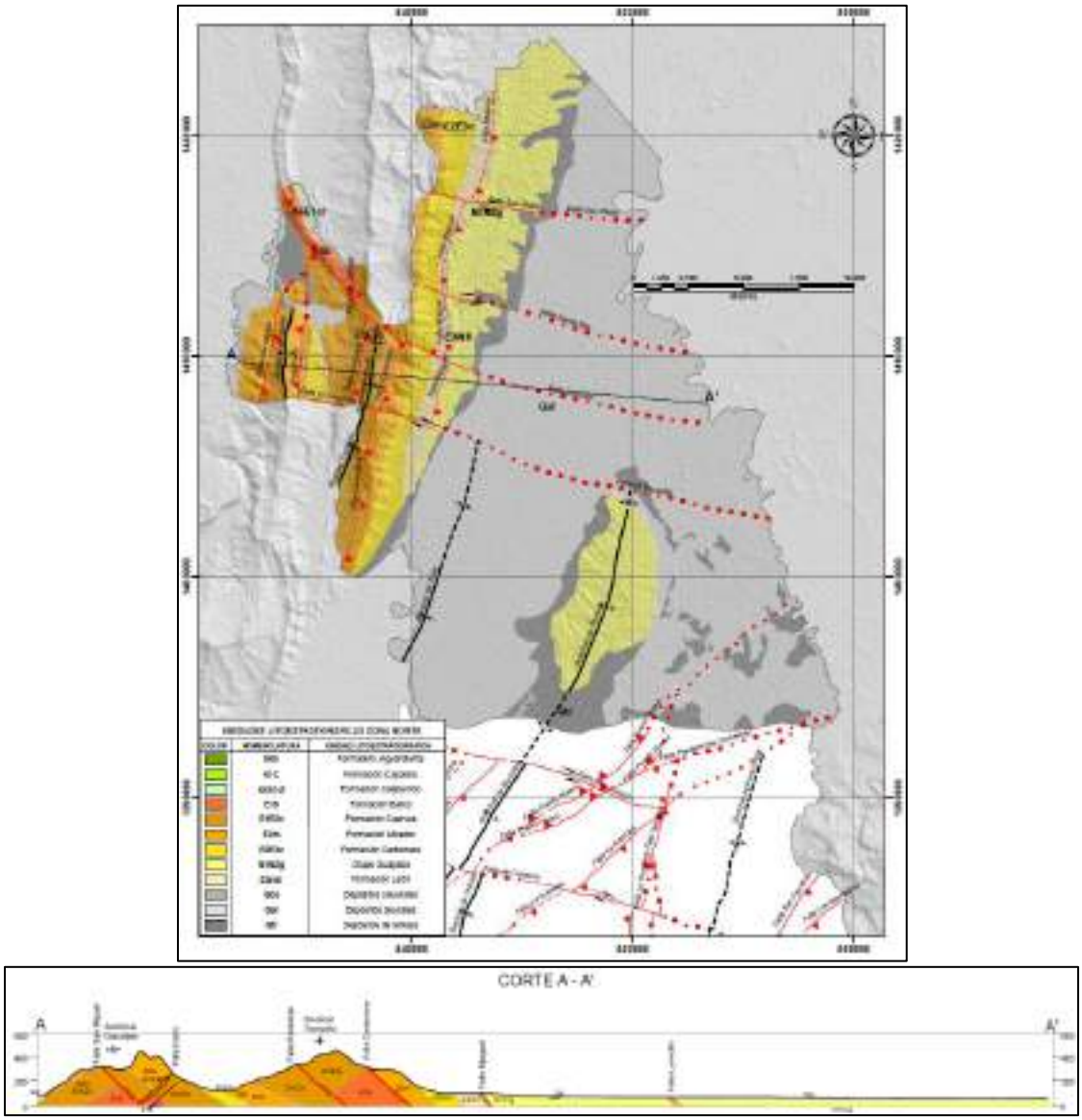


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.4 Zona Norte

En esta zona se encuentran los sistemas de falla en dirección N-S, caracterizados por tener una cinemática inversa, donde las fallas San Miguel, Cerro, Hortensia y Carbonera, se encuentran relacionadas con la generación de pliegues como lo son el sinclinal del Trompillo y el anticlinal Gonzales; además, dichas estructuras se encuentran desplazadas por sistemas transversales en dirección WNW-ESE (Ver Gráfica 75. Localización de las estructuras y corte geológico de la zona norte en el municipio de San José de Cúcuta.).

Gráfica 75. Localización de las estructuras y corte geológico de la zona norte en el municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Para la definición de las estructuras en esta zona se tomó como base la fotointerpretación realizada durante el aprestamiento, las estructuras cartografiadas en las planchas 77-Campo Dos y 78-Puerto Santander a escala 1:100.000 y rasgos geomorfológicos identificados tanto en campo como en el procesamiento del modelo digital de elevación DEM; esto debido a los inconvenientes de orden público presentados durante la realización de la fase de campo. Estas estructuras son descritas a continuación.

1.1.2.6.4.1 Fallas principales.

1.1.2.6.4.1.1Falla San Miguel.

Esta falla se encuentra asociada al flanco oeste del Cerro Gonzales, presentando rasgos característicos como el control de los drenajes afluentes de la quebrada San Miguel, limitando el piedemonte del cerro asociado a una sierra anticlinal y un lomo de presión hacia el norte en su confluencia con la Falla Cerro. La Falla San Miguel presenta un rumbo aproximado de N12°E y buzamiento al E de carácter inverso, que se extiende aproximadamente 7 Km dentro del área de estudio y, pone en contacto rocas de la Formación Los Cuervos con la Formación Mirador.

1.1.2.6.4.1.2Falla Cerro

Esta falla se encuentra asociada al flanco este del Cerro Gonzales, presentando rasgos característicos como el control de los drenajes afluentes de la Hortensia, limitando el piedemonte del cerro asociado a una sierra anticlinal y un lomo de presión hacia el norte en su confluencia con la Falla San Miguel. La Falla Cerro presenta un rumbo aproximado de N05°E y buzamiento al W, de carácter inverso que se extiende aproximadamente 6 Km dentro del área de estudio y, pone en contacto rocas de la Formación Los Cuervos con la Formación Carbonera. Según lo especificado en la memoria técnica de la Plancha 78-Puerto Santander, se encuentra asociada al sistema de fallas de despegue en el margen oeste de la Cuenca Catatumbo.

1.1.2.6.4.1.3Falla Hortensia

Dicha estructura se encuentra relacionada al flanco oeste del Cerro Mono, presentando su bloque oriental más elevado, ligado a la ladera contrapendiente de sierra sinclinal y al cambio de orientación de los estratos en el flanco oeste del Sinclinal Trompillo. La Falla Hortensia presenta un rumbo aproximado de N07°E y buzamiento al E de carácter inverso determinado por el levantamiento topográfico del Sinclinal Trompillo, que se extiende aproximadamente 4 Km dentro del área de estudio, siendo interrumpida por la Falla Leoncito al norte y, afecta principalmente las capas de la Formación Los Cuervos.

1.1.2.6.4.1.4Falla Carbonera

La presencia de esta falla se encuentra relacionada al control de los drenajes que descienden a lo largo de la ladera contrapendiente de la Cuchilla Carbonera, presentando su bloque oriental más elevado, donde su expresión fisiográfica es la Cuchilla Carbonera. La Falla Carbonera presenta un rumbo aproximado de N07°E y buzamiento al E de carácter inverso determinado por el levantamiento topográfico del bloque oriental y su relación con la falla de Ambato mediante datos

de pozo por Pedraza & Ramírez (2011). Esta falla se extiende aproximadamente 11 Km dentro del área de estudio y, afecta principalmente las capas de las Formaciones Carbonera, Mirador y Los Cuervos. En la memoria explicativa de la plancha 77, se propone esta falla como plano principal del sistema de fallas de Carbonera, en el cual se encuentran las fallas Carbonera, Las Delicias y Leoncito.

Gráfica 76. Falla Carbonera hacia el sector oeste de la Cuchilla Carbonera en el norte del área rural del municipio de San José de Cúcuta.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.4.1.5Falla Leoncito

La Falla Leoncito limita el flanco oeste del anticlinal de Petrolea al norte, presentando rasgos característicos como el levantamiento de la Loma La Valera, limitando el piedemonte oeste de esta. Dicha estructura presenta un rumbo aproximado de N15°W el cual a medida que se avanza hacia el sur se vuelve más W-E; tiene un buzamiento al E, de carácter inverso que se extiende aproximadamente 23 Km dentro del área de estudio (esto incluye el trazo inferido en dirección WNW-ESE) y afecta las Formaciones Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera, León y el Grupo Guayabo. En las memorias explicativas de las planchas 77 y 78, se propone esta falla como parte del sistema de fallas de Carbonera.

1.1.2.6.4.2 Fallas Secundarias

1.1.2.6.4.2.1Falla Las Delicias

Dicha estructura se encuentra relacionada al flanco oeste del Cerro Mono, presentando su bloque oriental más elevado, ligado a la ladera contrapendiente del mismo. La Falla Las Delicias presenta un rumbo aproximado de N02°E y buzamiento al E de carácter inverso con bajo ángulo de inclinación, determinado por Pedraza & Ramírez (2011), mediante datos de pozo, la cual se extiende aproximadamente 2 Km dentro del área de estudio, siendo interrumpida por la Falla Leoncito al sur y, afecta principalmente las capas de la Formación Barco.

1.1.2.6.4.2.2Falla Bijagual

Esta falla se encuentra relacionada a los lomos de falla conformados por la Formación León, presentando su bloque oriental más elevado y a la desviación del curso de drenajes como Caño leoncito, Buenos Aires, entre otros. La Falla Bijagual presenta un rumbo aproximado de N04°E y buzamiento al E de carácter inverso inferido por el levantamiento del bloque oriental que, a su vez genera los lomos de falla, la cual se extiende aproximadamente 15 Km dentro del área de estudio, siendo afectada por los sistemas de fallas transversales y solo deforma a la Formación León.

Gráfica 77. Falla Bijagual y Falla San Pablo hacia el sector de la Cuchilla Carbonera en el norte del área rural del municipio de San José de Cúcuta.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.4.2.3Fallas Transversales.

Estas fallas fueron definidas por el desplazamiento a la derecha de los cerros Mono, Carbonera y los lomos de presión asociados a la Falla Bijagual. Estas fallas corresponden a la Falla San Pablo y El Trompillo, las cuales presentan una orientación aproximada de N80°W, donde su dirección de buzamiento no es apreciable, por lo que se definen en primera instancia como fallas de transferencia de tipo dextral, conforme a lo descrito en el trabajo de McClay (1999). Estas fallas presentan un trazo inferido hacia los sectores de planicie debido a la presencia de depósitos fluviales que no se encuentran deformados; sin embargo, es posible establecer lineamientos en el cambio de dirección de los drenajes.

Por otra parte, la Falla Santa Rita presenta un movimiento sinestral (a la izquierda) de los cerros antes mencionados; sin embargo, presenta las mismas características de identificación, extensión y afectación.

Gráfica 78. Falla San Pablo hacia el sector de la Cuchilla Carbonera en el norte del área rural del municipio de San José de Cúcuta.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.4.3 Pliegues.

1.1.2.6.4.3.1Sinclinal Trompillo

Esta estructura se asocia a un relieve invertido, en donde existe un plegamiento de las capas de tipo sinclinal en un alto topográfico (Gutiérrez, 2008), en este caso el Cerro Mono; conformado en su núcleo por la Formación Los Cuervos y hacia los flancos por la Formación Mirador. El sinclinal Trompillo presenta una orientación N15°E y se interrumpe al norte por la acción de la Falla Leoncito.

1.1.2.6.4.3.2Anticlinal Gonzáles

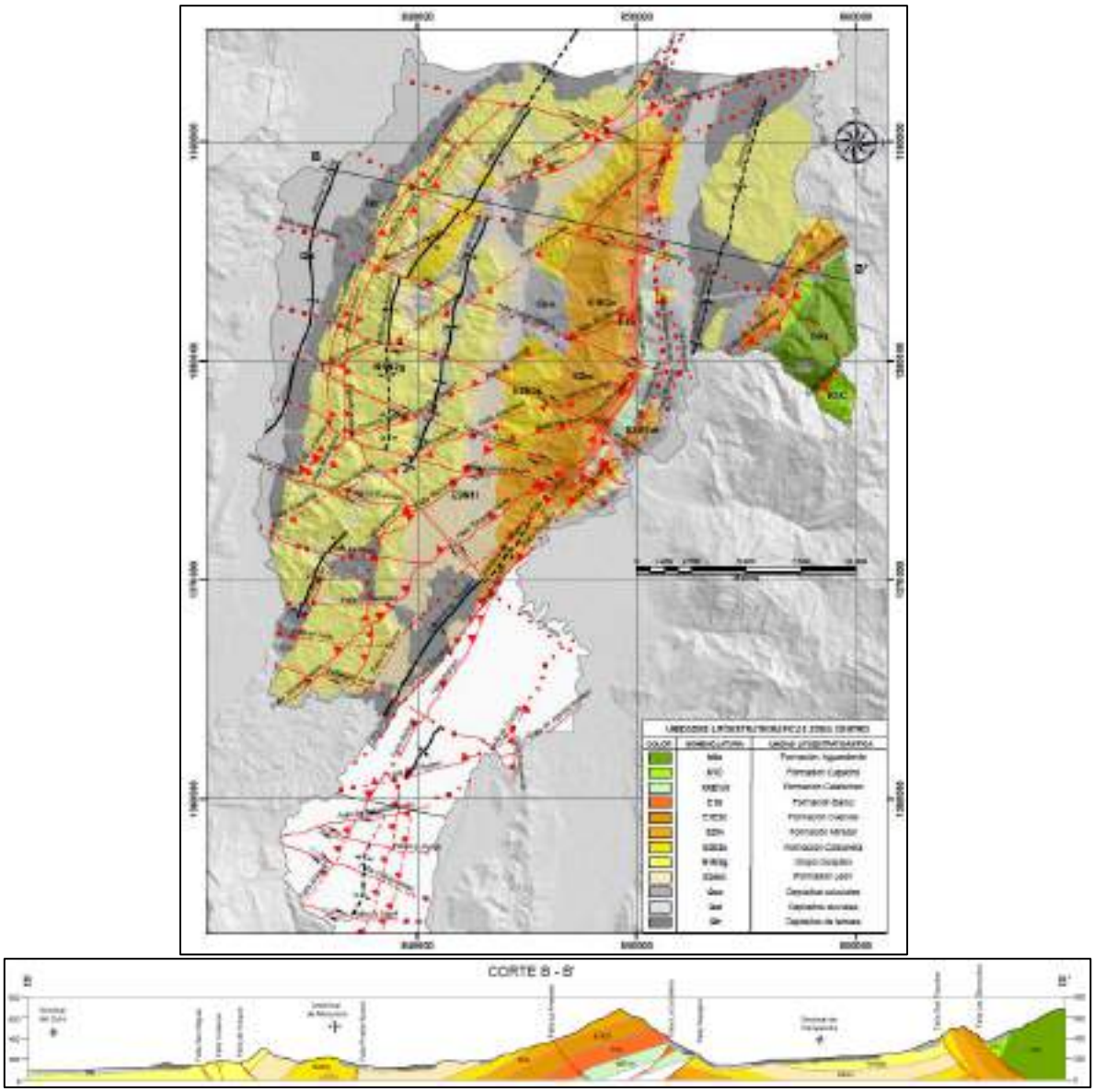
Esta estructura se asocia a un relieve congruente, en donde existe un plegamiento de las capas de tipo anticlinal en un alto topográfico (Gutiérrez, 2008), en este caso el Cerro Gonzales; conformado en su núcleo por la Formación Mirador y hacia los flancos por la Formación Carbonera. El Anticlinal Gonzales presenta una orientación N03°E y su cierre se asocia a la confluencia de las Fallas San Miguel y Cerro, las cuales presentan dirección contraria de buzamiento y su movimiento inverso asocia este pliegue como una estructura *Pop-up*.

1.1.2.6.5 Zona Centro

En esta zona se encuentran los sistemas de falla en dirección N-S, caracterizados por tener una cinemática inversa y clasificadas como fallas secundarias; por otra parte, los sistemas NE-SW como el sistema de fallas de Tasajero presentan un cambio en su orientación más N-S al norte de la zona, pero a nivel general estas fallas se definen como fallas inversas relacionadas con el levantamiento de expresiones fisiográficas importante. Además, dichas estructuras se encuentran

desplazadas por sistemas transversales en dirección WNW-ESE (Ver Gráfica 79. Localización de las estructuras y corte geológico de la zona centro en el municipio de San José de Cúcuta.).

Gráfica 79. Localización de las estructuras y corte geológico de la zona centro en el municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.5.1 Fallas principales.

1.1.2.6.5.1.1Sistema de Fallas de Tasajero.

Este sistema de fallas se encuentra relacionado con el levantamiento del Cerro Tasajero, debido a su morfología asimétrica donde su flanco este es más inclinado; este sistema es conformado por varios trazos de fallas inversas como lo son las Fallas de Tasajero Norte, Tasajero, La Corralera, Atalaya y El Cerrito, las cuales limitan el flanco este del Cerro del Tasajero (Gráfica 80). Las fallas que conforman este sistema presentan un rumbo aproximado de N15°E y a medida que se avanza al sur su rumbo cambia a N55°E, con buzamiento al W de carácter inverso, las cuales tienen una extensión de aproximadamente 32 Km dentro del área de estudio, teniendo en cuenta que las fallas Corralera y El Cerrito son las fallas de menos longitud del sistema.

Gráfica 80. Panorámicas del Sistema de Fallas de Tasajero al este del Cerro Tasajero.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Estas fallas a lo largo de su trazo se unen generando características morfológicas en el relieve como son los lomos de falla locales y las cornisas estructurales. Los mayores desplazamientos se asocian a la Falla del Tasajero, ya que se relaciona con el levantamiento de la secuencia sedimentaria de las Formaciones Mirador, Carbonera, Barco, Cuervos y Catatumbo.

Gráfica 81. Falla Tasajero al este del Cerro, sobre la vía a San Faustino.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Hacia el sur donde el sistema se encuentra conformado por las Fallas Tasajero Norte, Tasajero y Atalaya, se observa una repetición de la secuencia lo cual puede estar asociado al comportamiento inverso del sistema.

Es de resaltar que como se observa en el Mapa 3, este sistema cambia de dirección, ya que hacia el norte presenta un rumbo NNE-SSW y al centro y sur cambia a un rumbo NE-SW, lo que sugiere una rotación de los bloques generados por el desplazamiento de las fallas transversales. Además, de acuerdo con la memoria de la Plancha 88-Cúcuta, la Falla de Tasajero presenta un desplazamiento aproximado de 2 Km y es limitada al norte por la Falla de Piedemonte Occidental.

1.1.2.6.5.1.2Falla de Puerto Nuevo

Esta Falla se encuentra en el sector central limitando el norte del Cerro Tasajero y afectando estructuras como el Sinclinal de Oripaya y el Anticlinal de Mucurera. Presenta un rumbo aproximado de N31°E y buzamiento al NW, la cual afecta principalmente las rocas de la Formación León, Guayabo y depósitos Cuaternarios, además de asociar a su trazo geoformas como escarpes de línea de falla, ganchos de flexión en su intersección con la Falla San Joaquín y desviaciones en el rumbo de drenajes y el relieve (Gráfica 82).

1.1.2.6.5.1.3Fallas Piedemonte Occidental y La Arenosa

La Falla de Piedemonte Occidental se extiende desde los Andes Mérida, la cual tiene un rumbo aproximado de N70°E, y una inclinación aparente de 42° con buzamiento hacia el SE, definida como una falla inversa la cual converge con la falla Puerto Nuevo hacia el oeste y limita la Falla Tasajero, Arenosa y la estructura del sinclinal de Pamplonita y el sinclinal de Oripaya (Gráfica 82)

Gráfica 82. Falla de Piedemonte Occidental a) Panorámica de la Falla de Puerto Nuevo, la falla Piedemonte occidental y la planicie entre ellas b) Falla La Arenosa con buzamiento al sureste c) Fallas secundarias asociadas al basculamiento de las capas.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta estructura es el límite norte de la Falla La Arenosa la cual presenta las mismas características de la Falla Piedemonte occidental, la cual se extiende aproximadamente 25 Km en su terminación en la falla Los Canelos, donde dicha falla desplaza las capas de la Formación Carbonera (Gráfica 82-b), sobre la vía que conduce a La Pedregosa, en el que se observan plegamientos muy abiertos de las capas debido a la absorción de la deformación de los niveles blandos (lodolitas), provocando en las capas de areniscas esfuerzos compresivos locales que generan pequeñas fallas inversas (Gráfica 82-c).

1.1.2.6.5.1.4Falla San Faustino

Esta estructura se encuentra al oeste del centro poblado de El Arrayan, su trazo se encuentra asociado a estructuras morfológicas como lomos de fallas alineados, facetas triangulares de cortas dimensiones, entre otras. Dicha estructura también limita al oeste el sinclinal de Pamplonita y desvía algunos drenajes que confluyen en la quebrada La Faustinera., con un rumbo aproximado de N35°E y buzamiento hacia el SE, la cual se define como una falla inversa que pone en contacto unidades como la Formación Carbonera con el Grupo Guayabo y depósitos Cuaternarios. A esta falla se asocia el levantamiento del Cerro.

Gráfica 83. Panorámica de la Falla San Faustino sobre la vía que comunica el casco urbano del municipio de San José de Cúcuta con el centro poblado de San Faustino.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

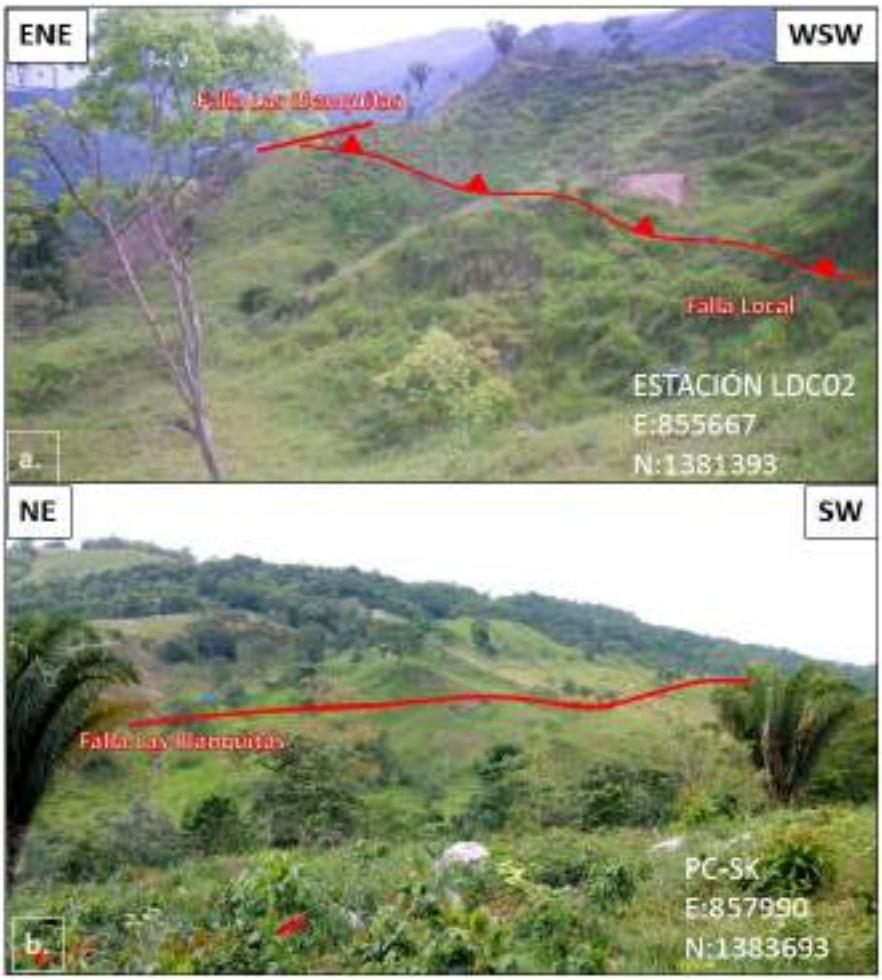
En la memoria de la Plancha 88-Cúcuta, se describe que debido al trazo semirectilineo que posee, se puede inferir que es una falla con un ángulo de inclinación mayor a los 45°.

1.1.2.6.5.1.5Falla Las Blanquitas

La Falla Las Blanquitas presenta ramificaciones locales que asocian lomos de falla locales y algunas superficies escalonadas generando escarpas de corta longitud, dicha estructura se encuentra en el límite este de la zona de estudio, la cual se presenta como un plano asociado de la Falla San Faustino, ya que presenta las mismas características de rumbo y buzamiento, por lo que se infiere un modelo de fallas listricas, siendo el plano principal la falla de San Faustino (Gráfica 84.).

Esta falla se extiende aproximadamente 7 Km y pone en contacto las rocas de la Formación Capacho y Aguardiente con la Formación Carbonera.

Gráfica 84. Falla Las Blanquitas a) Hacia la vía a Ricaurte donde se asocia a fallas locales b) Panorámica vía a Los Negros.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.5.1.6Falla Mucuras

La Falla Mucuras limita al sur el Alto La Melia, provoca desviaciones en la orientación del Cerro Tasajero hacia el Este, y hacia el suroeste asocia pliegues como el Anticlinal de La Plata. Presenta un rumbo aproximado de N45°E, buzamiento hacia el NW de carácter inverso y una longitud aproximada de 22 Km. Esta estructura se encuentra cortada y desplazada por las Fallas La Quinta.

Gráfica 85. Panorámica de la Falla Mucuras donde se observa los planos de falla asociados al plano principal generando pequeños lomos.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Esta falla limita estructuras como el Sinclinal de Oripaya al sureste, el anticlinal del cerro Patrocinio, controla el curso de la quebrada La Espinera, y asocia morfologías relacionadas a laderas de contrapendiente y lomos de presión.

1.1.2.6.5.1.7Falla Guayabal

Esta estructura presenta una orientación de N65°E y buzamiento hacia el SE, la cual desplaza el relieve como El Cerro Tasajero, El Alto La Melia y las sierras homoclinales del oeste del municipio; además, desplaza las estructuras del Sinclinal de Oripaya, anticlinal de Mucurera, y desplaza las capas del Grupo Guayabo principalmente. Esta falla presenta fallas locales que se asocian a su trazo generando cuñas que, morfológicamente asocian lomos de falla.

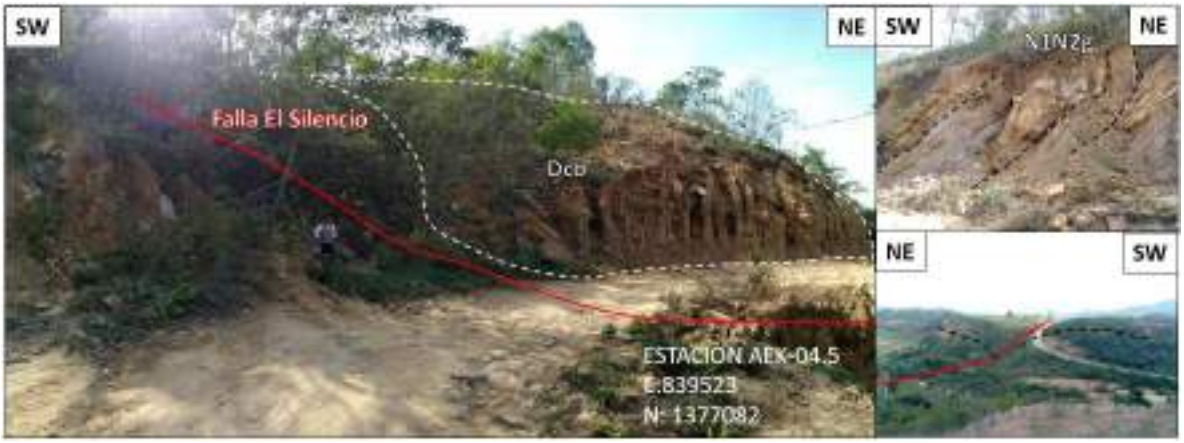
Gráfica 86. Falla Guayabal al oeste del Alto La Melia, la cual está afectando al Grupo Guayabo.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.5.1.8Falla El Silencio

Esta falla asocia la verticalización de las capas del Grupo Guayabo, controlando el curso de un drenaje intermitente que desemboca en la quebrada Mucurena. La Falla El Silencio presenta una orientación aproximada de N70°E y buzamiento hacia el NW de carácter inverso y una longitud aproximada de 17 Km dentro del área de estudio, afectando al Grupo Guayabo al occidente y las Formaciones de León, Carbonera, Mirador y Los Cuervos hacia el oriente sobre el Cerro Tasajero.

Gráfica 87. Falla El Silencio sobre la vía que conduce al Campanario.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Dentro de las observaciones de campo se encontró un depósito coluvial junto al trazo de la Falla El Silencio, esto puede sugerir una posible actividad o un plano preferencial de deslizamiento.

1.1.2.6.5.1.9Fallas de Cuberos, Santa Helena, Los Canelos y San José (Transversales).

Estas fallas transversales seccionan el área de estudio afectando el relieve y estructuras como el Anticlinal de Mucurera, el Sinclinal de Oripaya y, en el caso de la Falla de Cuberos, traslada el sinclinal de Pamplonita y las estructuras aflorantes al este en los sectores del Arrayan y Ricaurte. Presentan un rumbo aproximado de N70°W y un movimiento lateral derecho apreciado por los cambios de dirección de las lomas de Araque, La Motilona, el cerro Santa Helena, el Cerro Tasajero y el curso de los drenajes en dirección NNE-SSW.

1.1.2.6.5.1.10Falla La Quinta (Transversal)

La Falla La Quinta presenta un movimiento lateral derecho (dextral), la cual corta y desplaza las fallas de La Motilona, Araque, Guayabal, El Silencio, Mucuras, Tasajero Norte y se extiende hacia el casco urbano del municipio de San José de Cúcuta. Presenta un rumbo aproximado de N45°W, y asocia un movimiento en la vertical de tipo normal, tal y como se encontró en el perímetro urbano con una extensión de aproximadamente 18 Km dentro del área de estudio (Gráfica 89)

Gráfica 88. Planos estriados en dirección WNW-ESE, mostrando una cinemática dextral para la Falla Santa Helena, en el sector del Cerro del Tasajero.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Gráfica 89. Panorámica donde se observa La Falla Mucuras, La Quinta y La Espinera, por la vía al Campanario.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.5.2 Fallas Secundarias

1.1.2.6.5.2.1Fallas de Araque y La Motilona.

Estas fallas se localizan al oeste de la zona de estudio, las cuales limitan y se asocian con el rasgo fisiográfico de la Loma de Araque y La Motilona, respectivamente; su trazo es inferido ya que no se pudo acceder a esta zona durante los recorridos en campo, por lo que no se obtuvieron datos estructurales; sin embargo, mediante el análisis del relieve se encontró espolones, y lineamientos

en la ladera que pueden estar asociados al trazo de una falla que limita la Loma de Araque, que geomorfológicamente se define como una sierra homoclinal.

Gráfica 90. Panorámica hacia la Loma de Araque, donde se aprecia los rasgos geomorfológicos asociados a la Falla de Araque.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Presentan un rumbo aproximado de N12°E, buzamiento hacia el este de carácter inverso inferido, asociando las sierras homoclinales con sus respectivos bloques colgantes.

1.1.2.6.5.2.2Fallas transversales Campo Alegre, La Espinera, Guaimarala y El Lobo

Estas fallas asocian un cambio en el rumbo de los rasgos fisiográficos del relieve, generando estructuras como ganchos de falla. Estas fallas presentan un rumbo aproximado de N85°W y se definen como fallas de rumbo con movimiento lateral derecho, que trasladan ciertas estructuras como el Anticlinal de La Plata.

1.1.2.6.5.2.3Falla transversal San Joaquín.

Dicha estructura se sugiere para el presente trabajo como una falla inferida que limita el anticlinal de Mucurera y desplaza las Fallas de Puerto Nuevo y termina en su choque con la Falla Tasajero. Presenta un rumbo aproximado de N79°W y un movimiento lateral izquierdo sugerido por el desvío de curso de algunos drenajes y las lomas de Araque y La Motilona

1.1.2.6.5.3 Pliegues

1.1.2.6.5.3.1Anticlinal de Mucurera

Esta estructura se asocia a un relieve congruente, en donde existe un plegamiento de las capas de tipo anticlinal en un alto topográfico (Gutiérrez, 2008), en este caso el Cerro Santa Helena; conformado en su núcleo por la Formación Carbonera y León, mientras hacia los flancos, se presentan las capas del Grupo Guayabo, donde hacia el sur solo se encuentran plegadas estas capas. El Anticlinal de Mucurera presenta una orientación N40°E y su cierre se asocia al cabeceo que presenta hacia el norte que, de acuerdo con la plancha 88-Cúcuta tiene un ángulo de inmersión de 9°.

Gráfica 91. Eje del anticlinal de Mucurera hacia el sector de El Campanario.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Es de resaltar que, hacia el sector de El Campanario, donde el anticlinal solo es conformado por las capas del Grupo Guayabo, la charnela del pliegue muestra altos niveles de meteorización y erosión, asociando un relieve denudacional de tipo duricostras como se profundiza en el ítem de morfogénesis (Gráfica 90).

1.1.2.6.5.3.2Sinclinal de Oripaya

Esta estructura se asocia a un relieve congruente, en donde existe un plegamiento de las capas de tipo sinclinal, donde su eje axial se relaciona a un valle (Gutiérrez, 2008), en este caso al valle de la quebrada Mucurera; conformado en su núcleo por depósitos de la planicie de inundación de esta misma quebrada, mientras hacia los flancos se presentan las capas del Grupo Guayabo. El Sinclinal de Oripaya presenta una orientación N27°E y su cierre se asocia al cabeceo que presenta hacia el sur, mientras al norte se encuentra interrumpido por la Falla de Cuberos.

Gráfica 92. Flanco este del sinclinal de Oripaya hacia el sector de El Campanario en el área rural del municipio de San José de Cúcuta.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.5.3.3Anticlinal de La Plata

El Anticlinal de La Plata se asocia a un relieve congruente, en donde existe un plegamiento de las capas de tipo anticlinal en un alto topográfico (Gutiérrez, 2008), en este caso el Cerro Pico de Plata; conformado por las capas del Grupo Guayabo. Esta estructura presenta una orientación N25°E y su cierre se asocia a la acción de la Falla Guaimaral al sur y la Falla La Plata al norte.

Gráfica 93. Vista del plegamiento de las capas del Grupo Guayabo sobre la vía al Zulia, las cuales corresponden al Anticlinal de La Plata.

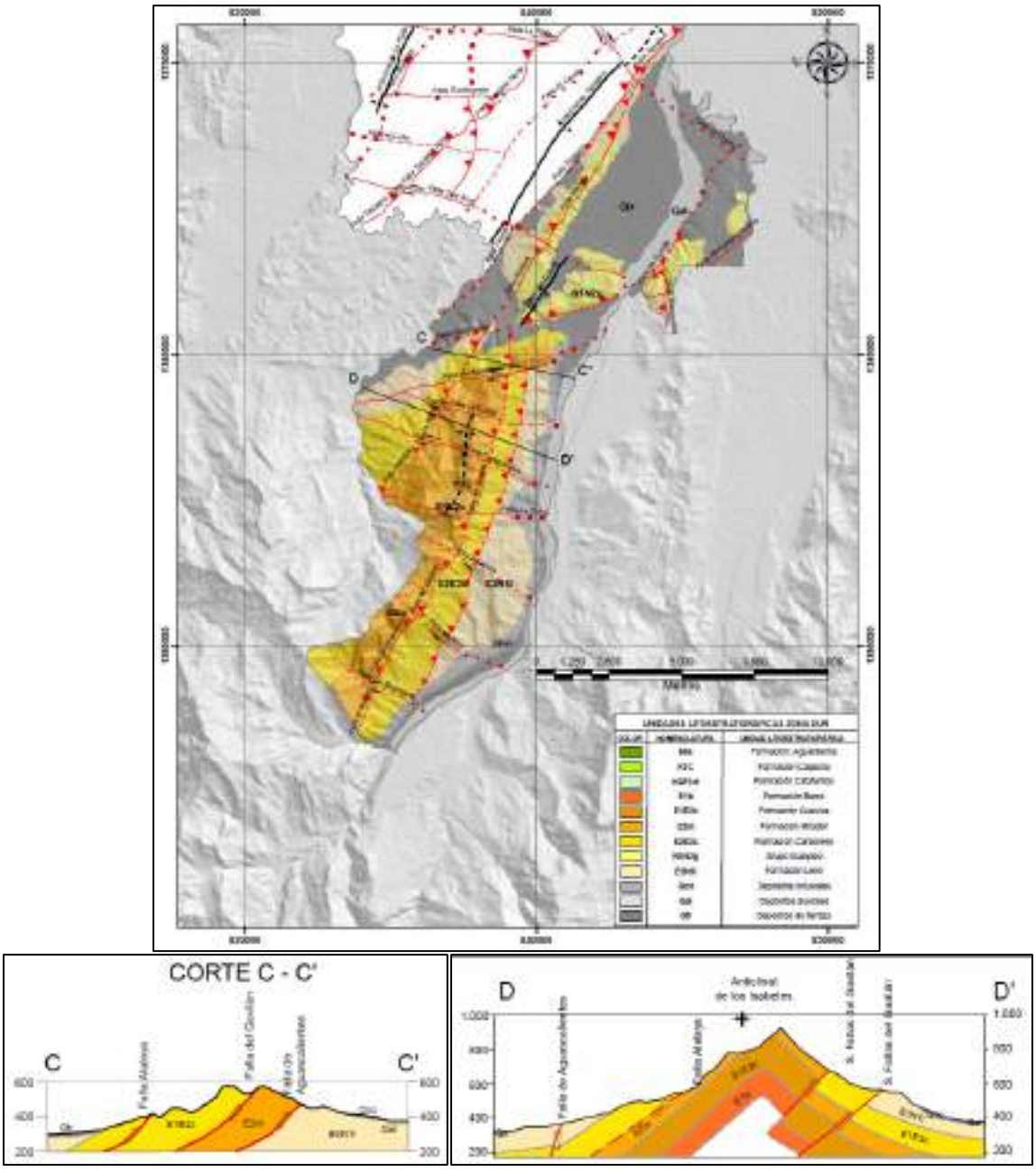
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.6.6 Zona sur

En esta zona se encuentran los sistemas de fallas en dirección NE-SW, caracterizados por tener una cinemática inversa como lo son las Fallas del Gavilán y el sistema de fallas de Tasajero; sin embargo, la Falla de Aguascalientes pertenece a este sistema, la cual muestra una cinemática predominante de tipo rumbo dextral. Además, dichas estructuras se encuentran desplazadas por

sistemas transversales en dirección WNW-ESE (Ver Gráfica 94. Localización de las estructuras de la zona sur en el municipio de San José de Cúcuta y corte geológico.

Gráfica 94. Localización de las estructuras de la zona sur en el municipio de San José de Cúcuta y corte geológico.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.2.6.6.1 Fallas Principales.

1.1.2.6.6.1.1 Sistema de Fallas del Gavilán.

Estas fallas se encuentran asociadas al flanco este del Cerro Los Isabeles, presentando rasgos característicos como el desvió de la dirección de los drenajes afluentes del rio Pamplonita, como lo son las quebradas de El Silencio, Potreritos, El Lobo, entre otras. La Falla del Gavilán presenta un rumbo aproximado de N16°E y buzamiento al W de carácter inverso, que se extiende aproximadamente 1.5 Km dentro del área de estudio y, pone en contacto rocas de la Formación Mirador con la Formación Carbonera y la Formación Carbonera con la Formación León, donde en la plancha 99-Villa del rosario, se data una inversión de la secuencia; sin embargo, este fenómeno es producto del plegamiento y fallamiento de este sector, en donde las unidades más antiguas de la secuencia sedimentaria se encuentran en altos topográficos.

Gráfica 95. Falla del Gavilán sobre el Cerro Los Isabeles y la Falla La Ceibita.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.2.6.6.1.2Falla de Aguascalientes

Esta falla se encuentra asociada al flanco este del Cerro San Luis y a la desviación del Cerro Los Isabeles de forma abrupta, ya que pasa de una orientación NNE-SSW a una dirección ENE-WSW; además a ella se asocian algunos bloques estriados encontrados caídos de los afloramientos vistos en la zona urbana. La Falla de Aguascalientes presenta un rumbo aproximado de N80°E en la zona sur y movimiento lateral derecho (dextral), la cual en los trabajos de Diederix *et al*. (2009) y Rodríguez *et al*. (2017) presenta un componente inverso.

1.1.2.6.6.1.3Fallas transversales La Selva y La Mina

Las Fallas La Pulido, Cañaverales y La Ceibita asocian un cambio en el rumbo de los rasgos fisiográficos del relieve, como lo es el Cerro Los Isabeles. Estas fallas presentan un rumbo

aproximado de N70°W y se definen como fallas de rumbo con movimiento lateral derecho, que trasladan ciertas estructuras como la Falla del Gavilán y el rio Pamplonita.

Gráfica 96. Panorámica del Cerro Los Isabeles donde se aprecia la Falla La Selva.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.2.6.6.2 Fallas Secundarias.

1.1.2.6.6.2.1Fallas transversales La Pulido, Cañaverales, La Ceibita y La Regadera

1.1.2.6.6.2.2Las Fallas La Pulido, Cañaverales y La Ceibita asocian un cambio en el rumbo de los rasgos fisiográficos del relieve, como lo es el Cerro Los Isabeles. Estas fallas presentan un rumbo aproximado de N70°W y se definen como fallas de rumbo con movimiento lateral derecho, que trasladan ciertas estructuras como la Falla del Gavilán y el rio Pamplonita (.

Estas fallas se encuentran asociadas al flanco este del Cerro Los Isabeles, presentando rasgos característicos como el desvió de la dirección de los drenajes afluentes del rio Pamplonita, como lo son las quebradas de El Silencio, Potreritos, El Lobo, entre otras. La Falla del Gavilán presenta un rumbo aproximado de N16°E y buzamiento al W de carácter inverso, que se extiende aproximadamente 1.5 Km dentro del área de estudio y, pone en contacto rocas de la Formación Mirador con la Formación Carbonera y la Formación Carbonera con la Formación León, donde en la plancha 99-Villa del rosario, se data una inversión de la secuencia; sin embargo, este fenómeno es producto del plegamiento y fallamiento de este sector, en donde las unidades más antiguas de la secuencia sedimentaria se encuentran en altos topográficos.

Gráfica 95).

Por otra parte, la Falla La Regadera es un trazo inferido basado en el cambio de dirección del rio Pamplonita en cercanías al límite sur del perímetro rural del municipio de San José de Cúcuta, con movimiento lateral izquierdo.

1.1.2.6.6.3 Pliegues

1.1.2.6.6.3.1 Anticlinal de Los Isabeles.

Esta estructura se asocia a un relieve congruente, en donde existe un plegamiento de las capas de tipo anticlinal en un alto topográfico (Gutiérrez, 2008), en este caso el Cerro de Los Isabeles; conformado en su núcleo por la Formación Los Cuervos y hacia sus flancos por las Formaciones Mirador y Carbonera. Esta estructura presenta una orientación N15°E y su cierre se asocia a la acción de la Falla de Aguascalientes al norte.

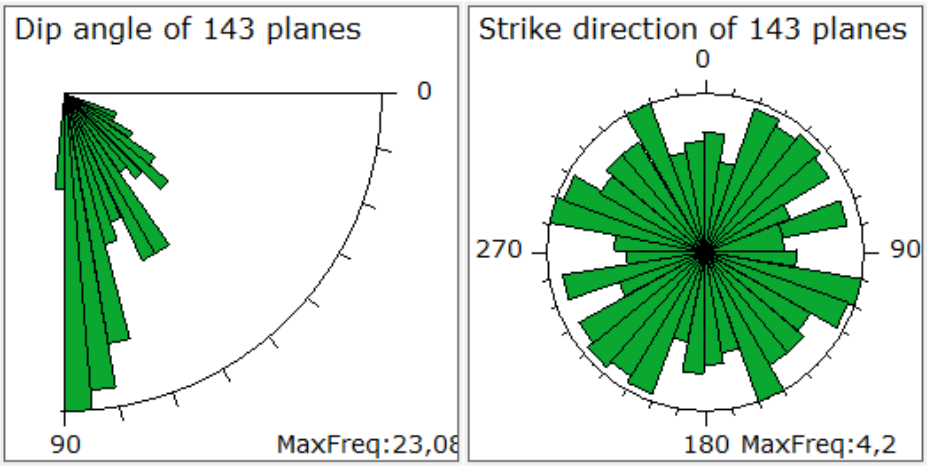
1.1.2.6.7 Análisis de fracturas

Las fracturas asociadas a las estructuras cartografiadas en el área rural del municipio de San José de Cúcuta permiten realizar una discriminación y análisis estadístico para asociar los esfuerzos principales, ángulos preferenciales de fracturamiento, entre otros.

Se tomaron en total 143 datos correspondientes a diaclasas, donde se observó el fracturamiento de forma intensiva, asociado a los principales afloramientos en la zona y el relieve más marcado como lo es el Cerro del Tasajero; a partir de los datos de diaclasas categorizadas como fracturas de tensión; se realizaron los diagramas de rosas para observar las direcciones de fracturamiento preferenciales y diagramas de Diedros para el análisis cinemático y dinámico de los esfuerzos con respecto a las estructuras; esto mediante el uso del software WinTensor 5.8.6.

En general el área rural del municipio de San José de Cúcuta se encuentra dominada por los sistemas de fallas NE-SW como el sistema de fallas de Tasajero, Aguascalientes, entre otras y, las fallas transversales en dirección WNW-ESE. Durante el procesamiento total de los datos, se encontraron diversas direcciones de diaclasamiento, donde se observa una predominancia de la familia NE-SW y la familia WNW-ESE.

Gráfica 97. Diagrama de rosas del ángulo de inclinación y rumbo de las fracturas en el área rural del municipio de San José de Cúcuta.

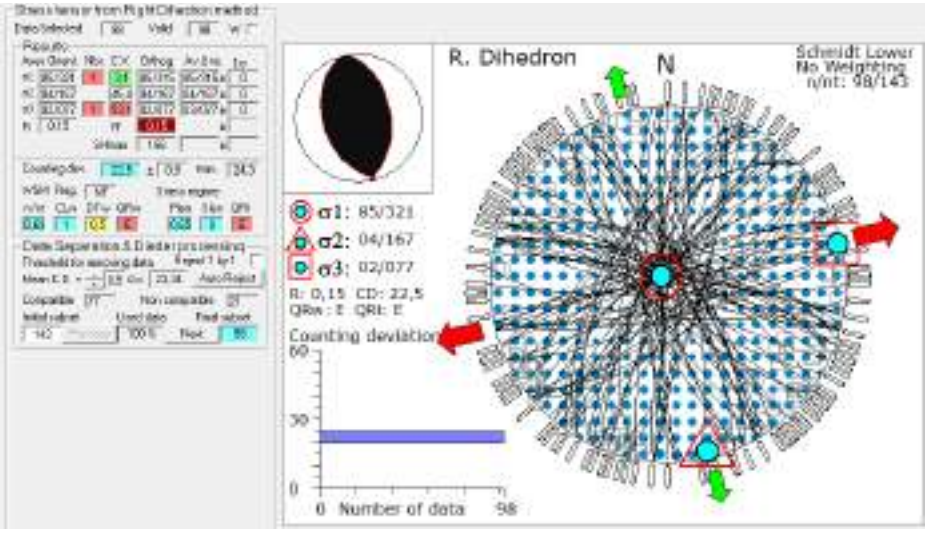


Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Existe un predominio de fracturas de alto ángulo (75°-90°) asociadas directamente con fracturas de tensión, mientras las fracturas en el rango de 20° a 30° son asociadas a fracturas en dirección paralela a la compresión.

Al realizar el grafico de la dirección de los tensores de esfuerzos mediante el método de diedros rectos, se encontraron dos rangos de fracturas, donde 98 los datos se asocian a esfuerzos de tensión, en el que el σ1 tiene una dirección de 321° azimut (Gráfica 98).

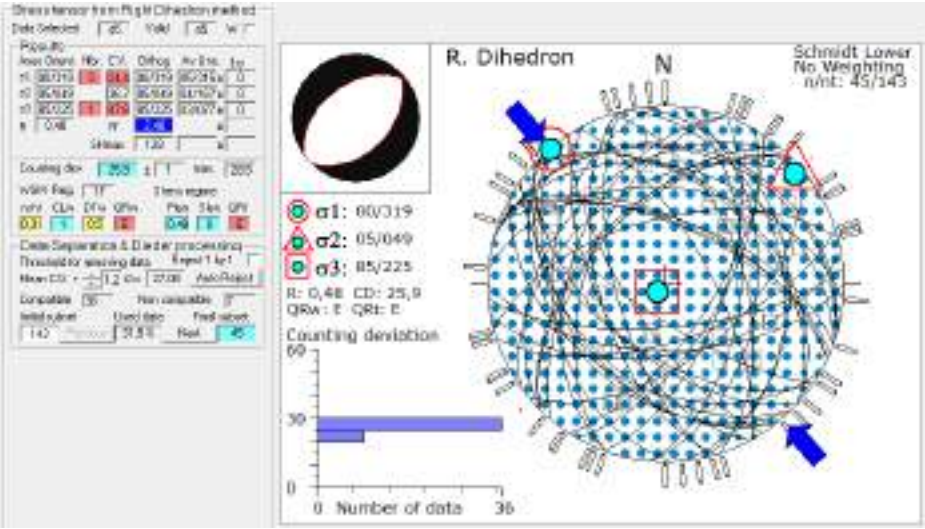
Gráfica 98. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas asociadas a esfuerzos de tensión.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Los 45 datos restantes presentan una dirección de esfuerzos similar donde el σ1 tiene una dirección de 319° azimut; sin embargo, la relación con los demás sigmas muestra un ambiente compresivo en dirección NW-SE.

Gráfica 99. Diagrama de Diedros para la familia de diaclasas relacionadas a esfuerzos compresivos.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.7 Geomorfología rural

De acuerdo con la definición de Carvajal (2004), la geomorfología es la ciencia que estudia la relación que existe entre las formas de la superficie terrestre, los materiales que la conforman, su disposición estructural y los procesos que las originan. Tiene como fin la descripción de las formas del terreno, su origen y evolución en el transcurso del tiempo geológico. Además, busca dar explicación de los agentes y procesos involucrados en la modelación del terreno, la clasificación de los paisajes y la naturaleza de los materiales que conforman las geoformas (INGEOMINAS, 2001).

Esta ciencia es de gran importancia en el ámbito de la planificación del uso de la tierra y el proceso de ocupación del territorio, adicionalmente, es una herramienta aprovechable en la definición de limitantes, potencialidades económicas, ambientales y sociales del municipio. La dinámica del modelado de la superficie y sus geoformas influyen en la distribución de los asentamientos y el desarrollo de actividades económicas. Para la diferenciación de las unidades geomorfológicas es necesario analizar el origen de las diversas unidades de paisaje, la forma y la inclinación de las laderas, la acción de los procesos endógenos de tipo estructural y exógeno de carácter denudativo, con el objeto de identificar y cartografiar las diferentes geoformas.

1.1.2.7.1 Metodología

La escala de trabajo propuesta del presente proyecto para el área rural del municipio de San José de Cúcuta es 1:25.000. De acuerdo con la jerarquización geomorfológica, la metodología de

estudio es la empleada en el documento denominado “Propuesta de estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia” (Carvajal ,2011) y la clasificación geomorfológica se basa en subunidades geomorfológicas, características de la escala de trabajo (Gráfica 100).

Gráfica 100. Esquema de jerarquización geomorfológica

Fuente: Tomado de Carvajal (2011).

Estas subunidades determinan principalmente por los contrastes morfométricos y morfológicos, asociando la disposición estructural o el tipo de material con la respectiva topografía del terreno. Igualmente, se definen por la diferencia de las formaciones superficiales relacionadas con procesos morfodinámicos actuales como meteorización, erosión, transporte y acumulación (Carvajal, 2011).

Para la asignación de algunos nombres de las subunidades de la zona de estudio, nomenclatura y definición, se tomaron como referencia los trabajos de Estandarización de las Geoformas de Ambiente Estructura, Denudacional y Fluvial (SGC, 2013), Guía Metodológica para estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa (SGC, 2015); Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Anexo A. Glosario de Unidades y Subunidades Geomorfológicas (SGC, 2012).

Estas metodologías proponen que para la construcción del mapa de subunidades geomorfológicas se deben identificar, caracterizar y describir las geoformas basadas en atributos como la morfología, morfogénesis, morfometría y morfodinámica como se expone en la grafica, el formato empleado está incluido en los anexos del presente documento.

Gráfica 101. Atributos de geomorfología usada en este estudio

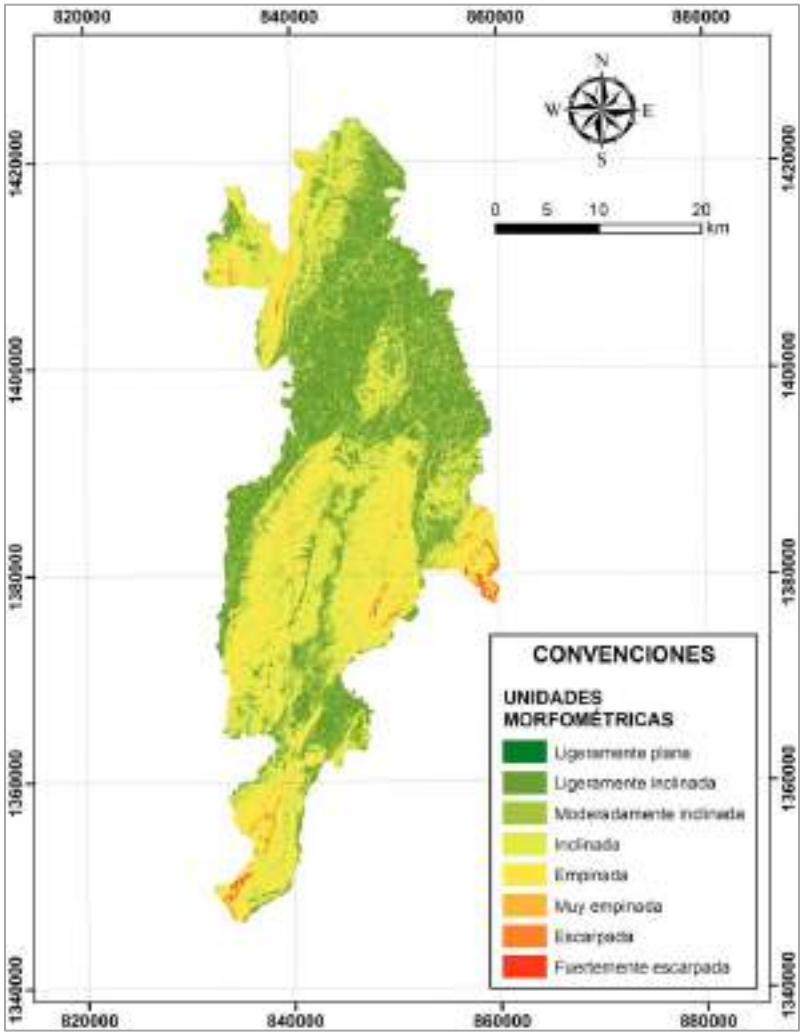
Fuente: Modificado INGEOMINAS 2015

A continuación, se muestra la descripción para cada una de estas subunidades geomorfológicas con base en sus atributos de Morfología, Morfometría, Morfogénesis y Morfodinámica.

1.1.2.7.2 Morfología y Morfometría

La morfometría es el conjunto de técnicas, procedimientos y métodos aplicados para determinar atributos configuracionales del relieve, y a partir de estos, conocer el sistema de relaciones espaciales que determinan a las formas del terreno. La unidad de referencia del análisis morfométrico es la pendiente del terreno (). La clasificación de unidades morfométricas se efectuó mediante un modelo digital de elevación para generar un mapa de pendientes, asignando valores discretos que se ajustan a las condiciones de la zona objeto de estudio. A continuación, se muestra las unidades morfométricas de la zona de estudio:

Mapa 4. Plano de unidades morfométricas



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.7.3 Unidades morfométricas

Las pendientes con mayor presencia en el municipio de Cúcuta son las ligeramente planas (0-3%), empinadas (25-50%), moderadamente inclinadas (7-12%) e inclinadas (12-25%), las dos primeras con una representación de su extensión aproximada al 20% y las dos últimas aproximadamente al 30% (Tabla 5) Las pendientes menos frecuentes corresponden a muy empinada (50-57%) a fuertemente escarpada (>75%), siendo representadas en un porcentaje menor al 1% (aproximadamente 0.66%). Se observa que la mayoría de los centros poblados del municipio de Cúcuta y su casco urbano asociado, se sitúan sobre pendientes bajas, es decir, entre ligeramente inclinadas (3-70%) a moderadamente inclinadas (7-12%).

Las relaciones de las pendientes con los movimientos en masa relacionados en el presente trabajo son aquellas ubicados sobre la ladera oriental de Cerro Tasajero y el Cerro El Magro, siendo este último de mayor atención ya que puede afectar el corregimiento de San Pedro.

Tabla 5. Unidades morfométricas

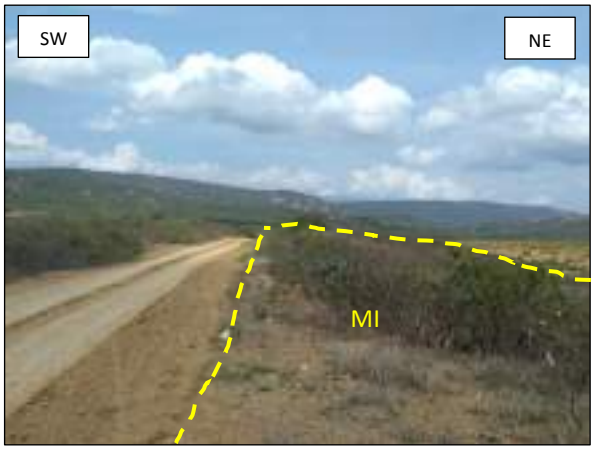
CONVENCIÓN	DESCRIPCIÓN		PENDIENTE (%)	AREA (ha)	PORCENTAJE (%)
	Ligeramente plana	LP	0 – 3 %	20781,52	18,29
	Ligeramente inclinada o ligeramente ondulada	LI	3 – 7 %	954,58	0,84
	Moderadamente inclinada o moderadamente ondulada	MI	7 – 12 %	34581,98	30,44
	Inclinada	I	12 – 25 %	33715,37	29,67
	Empinada	EM	25 – 50 %	22826,20	20,09
	Muy empinada	ME	50 – 57 %	82,38	0,07
	Escarpada	ES	57 – 75 %	401,34	0,35
	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	FE	> 75 %	278,08	0,24

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.7.3.1 Zona Norte

En una zona donde predominan las pendientes ligeramente inclinadas (3-7%) a moderadamente inclinadas (7-12%), situadas en los sectores sur y este donde se concentran la mayoría de los centros poblados de la Zona Norte. Los sitios más elevados se encuentran en el sector oeste, describiendo un paisaje montañoso que abarca principalmente las pendientes inclinadas (12-25%) a empinadas (25-50%) y pocas pendientes entre muy empinadas (50-57%) a fuertemente escarpadas (>75%). También se observa otro sector poco elevado con pendientes inclinadas (12-25%) a empinadas (25-50%), cuya área se encuentra limitada por los corregimientos Agua Clara, Alto Viento y las veredas La Jarra, Minuto de Dios, Nuevo Madrid y San Agustín de los Pozos (Gráfica 102).

Gráfica 102. Unidades morfométricas de la Zona Norte



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.7.3.2 Zona Centro

Esta zona se conforma principalmente de pendientes inclinadas (20-25%), expandiéndose especialmente en el sector oeste coincidiendo con elevaciones del terreno de un anticlinal y sinclinal, y hacia el centro con el Cerro Tasajero, donde pasa el Sistema de Fallas Tasajero. Entre estas dos predominantes elevaciones se encuentran las veredas Patillales, Aguablanca y Oripaya.

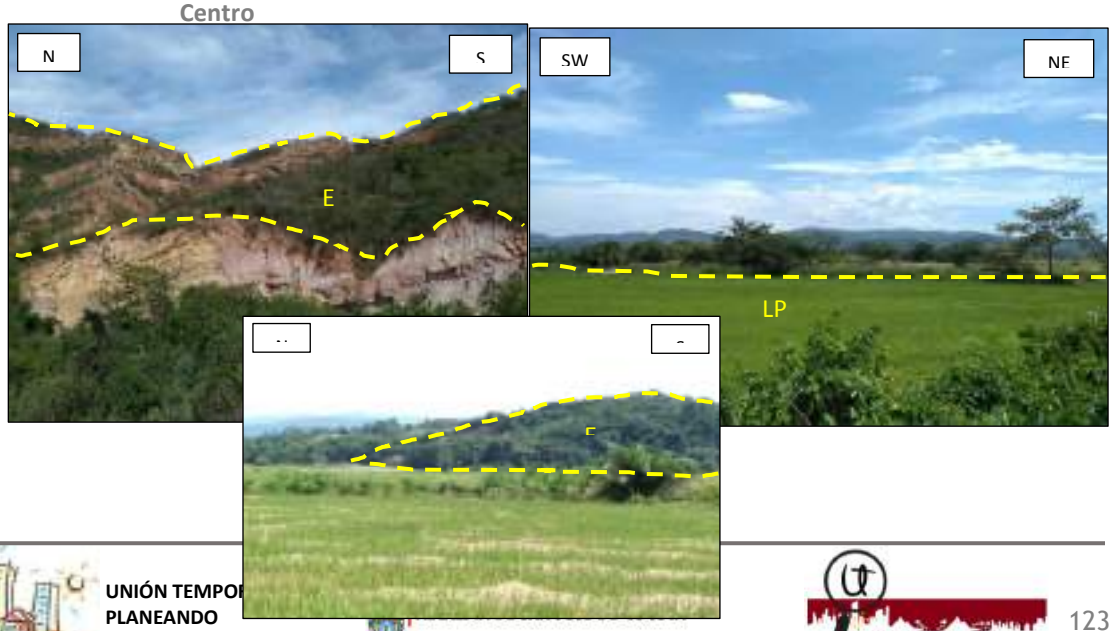
En el sector suroeste presenta las mayores pendientes que oscilan entre muy empinada (50-57%) a fuertemente escarpada (>75%), son frecuentes cerca del corregimiento Ricaurte y tiene menor presencia cerca de las veredas El Arrayán y Los Negros. La elevación del corregimiento el Ricaurte se relaciona con la Cordillera de Los Andes, uno de los ramales de la Cordillera Oriental que se extiende en dirección NE hacia Venezuela (Gráfica 103).

1.1.2.7.3.3 Zona Sur

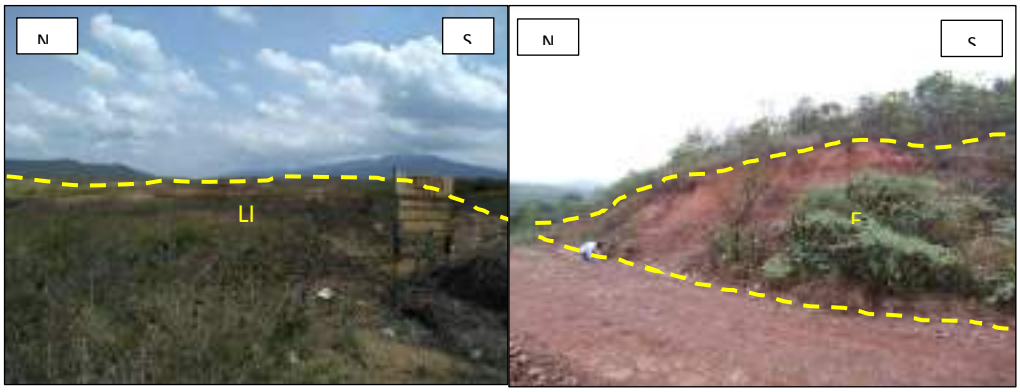
Las mayores pendientes presentes en la Zona Sur son las inclinadas (12-15%), que rodean el este y sur del casco urbano. La mayor elevación se encuentre sobre el Cerro El Magro ubicado al sur del casco urbano, limitando con la vereda El Pórtico y los corregimientos de San Pedro y El Carmen de Tonchalá; las pendientes principales de dicha elevación son inclinadas y expone algunas pendientes muy empinadas (50-57%) a fuertemente escarpadas (>75%), especialmente al suroeste de la Zona Sur.

El área dispuesta por el casco urbano exhibe las pendientes más bajas, que oscilan de ligeramente inclinadas (3-7%) a moderadamente inclinadas (7-12%). A su vez, la mayoría de los centros poblados se encuentran situados sobre este mismo tipo de pendientes (Gráfica 104).

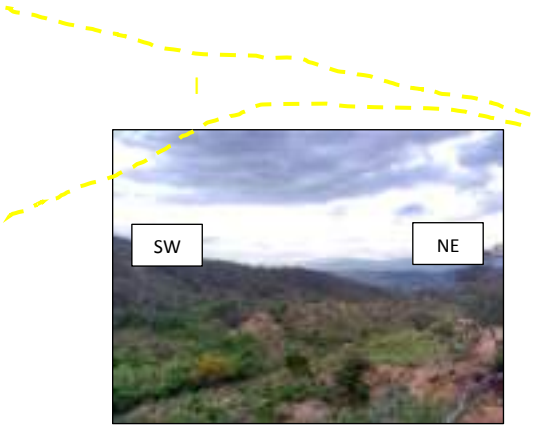
Gráfica 103. Unidades morfométricas de la Zona Centro



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017



Gráfica 104. Unidades morfométricas en la Zona Sur



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.8 Morfogénesis

La morfogénesis estudia el origen y evolución de las formas del terreno, es decir, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos (relacionados con la geodinámica interna de la tierra) y la modificación de los agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), los cuales actúan

modelando la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempos geológicos.

La información morfogenética utilizada en el área rural del Municipio de Cúcuta es representada en forma de subunidades geomorfológicas. Una subunidad geomorfológica corresponde a una subdivisión de las unidades geomorfológicas y está determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos, con la correspondiente topografía del terreno (Carvajal, 2011).

1.1.2.8.1 Antecedentes

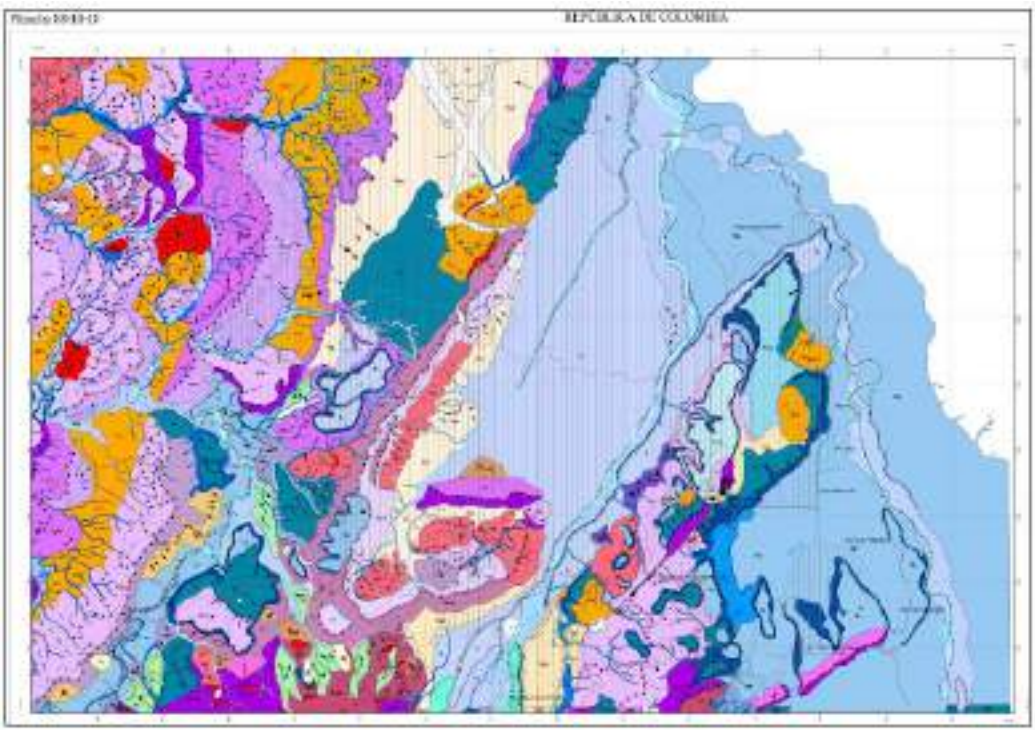
El área rural del Municipio de Cúcuta se caracteriza por presentar problemas de erosión e inestabilidad en laderas generando movimientos en masa en varios sectores del área. Por tal motivo es importante la realización de trabajos que permitan dar solución, mitigar y prevenir este tipo de problemáticas.

Trabajos preliminares de geomorfología en el área son fundamentales para tener una idea del contexto geomorfológico de la misma.

Se encuentran trabajos tales como los Mapas Geomorfológicos a escala 1:25.000 de las Planchas 88 III-D, 98 II-C, 99 I-B Y 99 I-D (Gráfica 105 y Gráfica 106), generadas por el INGEOMINAS en el año 2007. Dichas planchas muestran la geomorfología de la plancha 88 de Cúcuta con un factor de detalle alto, relacionando geoformas de origen estructural, denudacional y fluvial de la zona urbana del municipio y una parte hacia el oeste de la zona rural del mismo. De igual manera se presenta parte de la geomorfología de las planchas 98-Durania y 99- Villa del Rosario, localizadas hacia la parte sur del área rural de Cúcuta.

Estos mapas, especialmente el mapa geomorfológico de la plancha 88 III-D, se tomaron como guía para el análisis y la interpretación de las subunidades morfogenéticas y la posterior realización del mapa geomorfológico a escala 1:25.000 del perímetro rural del Municipio de Cúcuta.

Gráfica 105.Mapa Geomorfológico a escala 1:25.000 de las Planchas 88 III-D



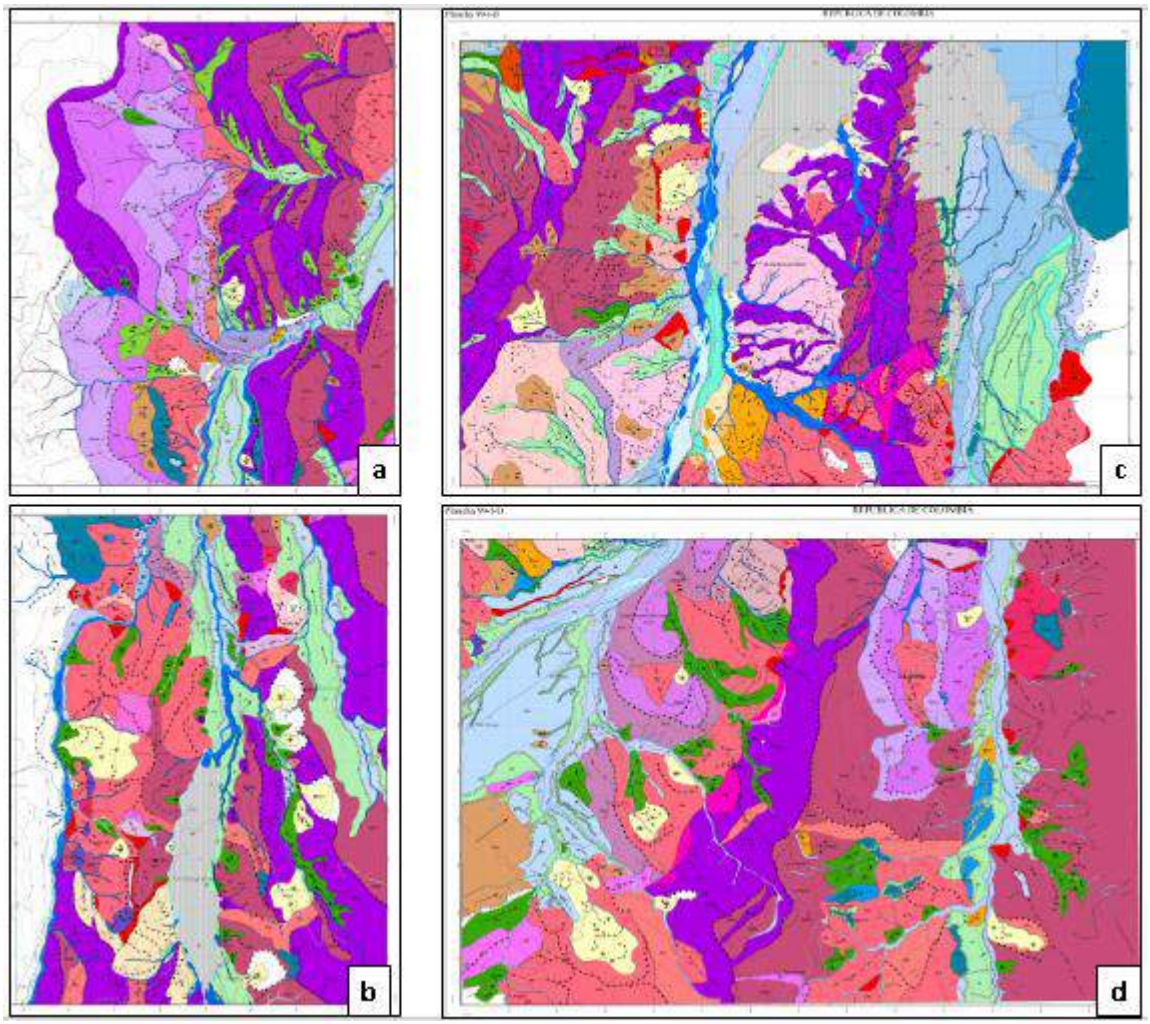
Fuente. INGEOMINAS, 2007.

De acuerdo con la recopilación de información realizada no se evidenciaron trabajos que comprendan la geomorfología de la zona rural del municipio de Cúcuta en su totalidad, ni con el mismo nivel de detalle, que para este caso es 1:25.000.

1.1.2.8.2 Metodología para la definición de subunidades Morfogenéticas

Para la definición de subunidades morfogenéticas se tuvo en cuenta la "Propuesta de estandarización de la cartografía Geomorfológica en Colombia", (Carvajal, 2011), en donde la nomenclatura de las Subunidades está definida por la posición dentro de la unidad o por el proceso geomorfológico dominante. La notación cartográfica propuesta corresponde a abreviaturas de hasta 6 caracteres: El primero hace alusión al ambiente morfogenético (Fluvial (F), Estructural (S), Denudacional (D), Antrópico (A)), la segunda y tercera para definir la unidad correspondiente y las restantes para especificar la disposición estructural o la posición dentro de la unidad geomorfológica.

Gráfica 106. Mapas Geomorfológicos a escala 1:25.000 de las Planchas 98 II-C, 98 IV-A, 99 I-B Y 99 I-D.



Fuente. INGEOMINAS, 2007.

Para la asignación, nomenclatura y definición de algunos nombres de las subunidades morfogenéticas para el área Rural del Municipio de Cúcuta , se tomaron como referencia los trabajos de Estandarización de las Geoformas de Ambiente Estructural, Denudacional y Fluvial (SGC, 2013), Guía Metodológica para estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa (SGC, 2015); Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Anexo A. Glosario de Unidades y Subunidades Geomorfológicas (SGC, 2012).

1.1.2.8.2.1 Proceso Metodológico

Para la definición y cartografía de subunidades morfogenéticas en el área Rural del Municipio de Cúcuta, se llevó a cabo un proceso metodológico dividido en tres fases descritas a continuación:

La primera corresponde a una fase de aprestamiento o recopilación de información, trabajos realizados con anterioridad, informes y cartografía geomorfológica del área de estudio.

La segunda corresponde a una fase de trabajo de campo en las zonas donde fue posible el acceso. Consta de una caracterización de las subunidades morfogenéticas mediante la utilización del Formato de unidades Morfogenéticas adoptado a geoformas fluviales, cobertura y uso, propuesto por La Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

La tercera corresponde a una fase de trabajo de oficina que consta del análisis, procesamiento y redefinición de la información obtenida en campo, la elaboración del mapa geomorfológico mediante la utilización de herramientas como el modelo de elevación digital (DEM) de 12.5 m de la Nasa, las imágenes satelitales de Google Earth, y por último la redacción del presente informe.

Gráfica 107. Proceso metodológico para la definición de subunidades morfogenéticas

Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

Teniendo en cuenta la distribución de subunidades de acuerdo con su origen (Fluvial, denudacional, estructural y antrópico), se desarrolló una zonificación para facilitar la descripción de las diferentes subunidades morfogenéticas. De acuerdo con lo anterior se definen tres zonas, denominadas zona norte, zona centro y zona sur.

1.1.2.8.3 Descripción de Subunidades Morfogenéticas

Para describir las subunidades morfogenéticas presentes en el área de estudio se definen tres zonas: la zona norte, en donde predominan en extensión subunidades morfogenéticas de origen fluvial, seguida de subunidades de origen estructural hacia el occidente, y por último subunidades de origen denudacional; es de destacar que debido a problemas de orden público por a la presencia de grupos armados en la zona fue imposible acceder a ella en su totalidad. La zona centro se caracteriza por presentar subunidades de origen predominantemente estructural- denudacional y en menor proporción de origen fluvial y antrópico. Por último, la zona sur se caracteriza por presentar subunidades de origen estructural, denudacional, y fluvial en menor proporción.

A continuación, se definen los tres ambientes morfogenéticos, a partir de los cuales se definen las subunidades morfogenéticas en cada una de las zonas.

Tabla 6. Clasificación de ambientes morfogenéticos.

AMBIENTE MORFOGENÉTICO	DEFINICIÓN
FLUVIAL	Incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre (SGC, 2012).
DENUDACIONAL	Incluye las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas por la acumulación de sedimentos (SGC, 2012).
ESTRUCTURAL	Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, asociados principalmente al plegamiento y el fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia y la variación en la resistencia de las unidades (SGC, 2012).
ANTRÓPICO	Son originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías que modifican la morfología natural del terreno (SGC, 2012).

Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

A partir de la definición de los ambientes presentes en el área de estudio, se hace una clasificación general de las diferentes subunidades presentes en la misma. De acuerdo con lo anterior en laTabla 7, se observa la clasificación de subunidades morfogenéticas presentes en la zona rural del municipio de Cúcuta con sus respectivas áreas en Hectáreas.

Tabla 7. Subunidades morfogenéticas clasificadas por ambientes en el área de estudio.

AMBIENTE	NOMENCLATURA	NOMBRE	AREA (Ha)
Antrópico	Aemc	Explotación minera	3781105.75187
	Arb	Rellenos de basuras o rellenos sanitarios	588092.38523
Denudacional	Dc	Cima	2752088.51370
	Dco	Depósito coluvial	37148400.82940
	Dcr	Colina residual	4540458.17401
	Deem	Escarpe de erosión mayor	946092.44239
	Deeme	Escarpe de erosión menor	2377743.71408
	Dldebc	Lomo desnudado bajo de longitud corta	1153372.15853
	Dldemc	Lomo denudado moderado de longitud corta	898986.30231
	Dldemm	Lomo denudado moderado de longitud media	647204.29379
	Dldi	Lomerios disectados	11714456.98040
	Dle	Ladera erosiva	7689678.25315
	Dlmd	Lomerios muy disectados	9497879.94384
	Dlor	Loma residual	1764040.99472
	Dlpd	Lomerios poco disectados	6283190.54319
	Dlres	Lomo residual	6332978.84500
	Dmo	Monticulos y ondulaciones	202955576.33800
	Dpad	Planos aterrazados o duricostras	4490182.08501
	Dpe	Pedimentos de erosión	2392537.63567
	Dts	Terraza sobreelevado	4201804.35586
Fluvial	Fbc	Barra compuesta	1243022.92162
	Fbl	Barra longitudinal	86346.51101
	Fbp	Barra puntual	181359.88209
	Fca	Cauce aluvial	10875106.77620
	Fcdy	Cono de deyección	1201413.98405
	Fma	Meandros abandonados	1300639.77185
	Fpi	Planicie de inundación	341079863.08400
	Fta	Terraza de acumulación	45581739.00200
	Ftan	Terraza de acumulación antigua	7247008.96043
Estructural	Sacp	Ladera de contrapendiente anticlinal	1158908.65877
	Sclc	Ladera de contrapendiente de cuesta	10342950.03980
	Scle	Ladera estructural de cuesta	6954890.63945
	Scor	Cornisa estructural	1579129.38382
	Secp	Escarpe de contrapendiente	5390847.18694
	Sefc	Espolón faceteado	13949194.16460
	Sesbc	Espolón bajo de longitud corta	7677241.00381
	Sesbm	Espolón bajo de longitud media	3928005.03805
	Sesmc	Espolón moderado de longitud corta	3069438.21952
	Sesml	Espolón moderado de longitud larga	6613895.74135
	Sft	Facetas triangulares	31915576.10990
	Sgf	Gancho de flexión	9515004.57550
	Slcp	Ladera de contrapendiente	52478110.60290
	Sle	Ladera estructural	106749723.55100
	Sles	Ladera Escalonada	4121377.83415
	Slf	Lomo de falla	16705130.75610
	Slfe	Escarpe de linea de falla	601567.83617
	Slo	Lomo de obturación	1538615.65173
	Slp	Lomo de presión	7736848.38893
	Ssan	Sierra anticlinal	9825287.16236
	Ssanl	Ladera estructural de anticlinal	8616914.24306
	Sshlc	Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	8617896.02561
	Sshle	Ladera estructural de sierra homoclinal	6443102.37545
	Ssslc	Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	6460665.25628
	Sssle	Ladera estructural de sierra sinclinal	919124.40622

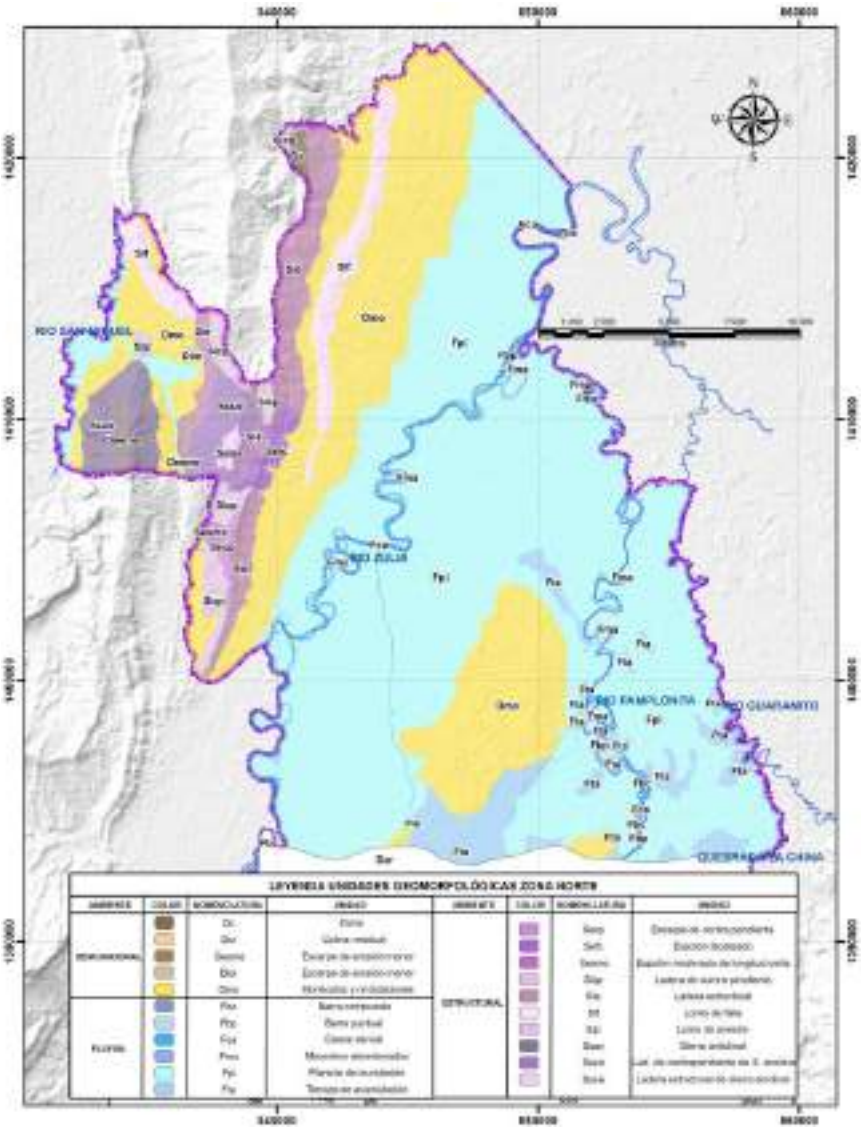
Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

1.1.2.8.3.1 Zona Norte

En esta zona predominan subunidades de origen principalmente fluvial originadas por el cauce de los ríos Zulia y Pamplonita, y por subunidades de origen estructural hacia el sector occidental. En

menor proporción se evidencian subunidades de origen denudacional. En la Gráfica 108 se representa la cartografía de subunidades morfogenéticas a escala 1:25.000 de la Zona Norte.

Gráfica 108. Mapa de Subunidades Morfogenéticas de la Zona Norte.



Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

1.1.2.8.3.1.1Cauce aluvial (Fca):

Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como

pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Los cauces rectos se restringen a valles estrechos en forma de V, generalmente relacionados al control estructural de fallas o diaclasas. Estos cauces cuando recorren grandes distancias pueden formar lagunas y rápidos. Cuando las corrientes fluyen en zonas semiplanas a planas (llanura aluvial), los cauces son de tipo meándrico o divagante, como producto del cambio súbito de la dirección del flujo. Dependiendo la cantidad de carga de sedimentos, la pendiente y caudal pueden llegar a formar sistemas anastomosados, trenzados, divergentes y otras unidades asociadas (SGC, 2012).

1.1.2.8.3.1.2Cauce aluvial del río Zulia (Fca):

Corresponde a un canal meándrico de 359 km de longitud localizado hacia los límites del perímetro rural al oeste de la zona de estudio con dirección S-N en el sur de la zona, y hacia el norte toma una dirección SW-NE, se caracteriza por tener meandros pronunciados, bastante sinuosos en los cuales hay evidencia de acumulación de sedimentos hacia los márgenes convexos del cauce, y fuertes procesos de erosión y socavación hacia los márgenes cóncavos del mismo, los cuales se han acentuado en las ultimas épocas invernales (ola invernal 2010-2011), teniendo como consecuencia perdidas de infraestructura y económicas en los sectores afectados (Gráfica 109).

Gráfica 109.Cauce aluvial del Río Zulia en la Zona Norte, en las Veredas Restauración (a) y Las Vacas (b). Coordenadas. a. E: 845127 N: 1405095 Z: 66,97m; b. E:840139 N: 1396212 Z:74,86m.

Fuente. (a) Tomado y modificado de Google Earth; (b, c). Unión Temporal Planeando Cúcuta

1.1.2.8.3.1.3Cauce Aluvial del Río Pamplonita (Fca):

Corresponde a un canal meándrico de 115 km de longitud, se evidencian procesos de erosión y socavación hacia los márgenes cóncavos del cauce, y procesos de acumulación hacia los márgenes convexos del mismo. En épocas de fuertes lluvias suele aumentar su nivel base, llegando a inundar las zonas agrícolas que se encuentran sobre la planicie de inundación (Gráfica 110).

Gráfica 110.Cauce aluvial y planicie de inundación del Río Pamplonita en la zona Norte. a. Fotografía tomada en el sector La Javilla. b. Fotografía tomada en el Centro Poblado de Aguaclara. Coordenadas: a. E:853788 N: 1406373 Z: 74,5m. b. E: 852475 N: 1402158 Z: 72m

Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta.

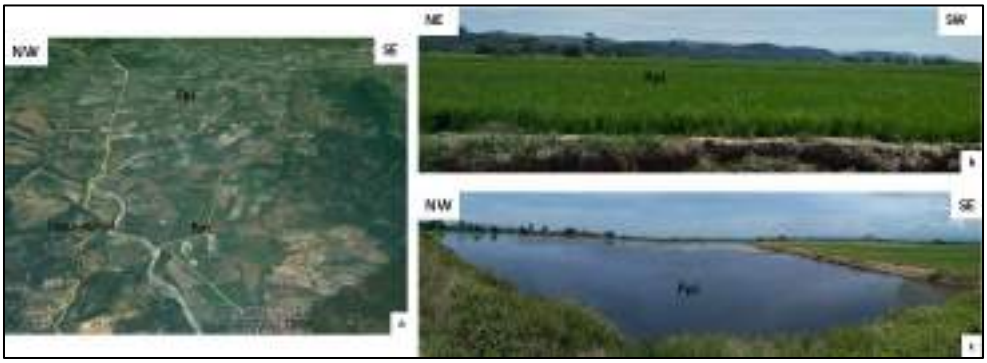
1.1.2.8.3.1.4Planicie de inundación (Fpi):

Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de “U” o “V”. Se encuentran en regiones montañosas, donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal y una red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad, se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas. Su depósito está constituido por sedimentos finos, originados durante eventos de inundación fluvial (SGC, 2012).

En la zona rural del Municipio de Cúcuta la planicie de inundación tanto del Río Zulia como del Río Pamplonita se caracteriza por tener una gran extensión, abarcando gran parte de la zona norte y la zona centro del área de estudio.

Hacia el sector nor-occidental (zonas norte y centro), se encuentra la llanura o planicie de inundación asociada principalmente el cauce del Río Zulia. Es una zona de gran extensión sobre la cual se realizan actividades agrícolas, en donde predominan los cultivos de arroz, cítricos y en menor proporción plátano y maíz. Es de destacar que las zonas más aledañas al cauce del Río Zulia presentan eventos históricos por inundaciones como la ocurrida en la ola invernal 2010-2011 (Gráfica 111).

Gráfica 111.Planicie de inundación del Río Zulia (Zonas Norte y Centro). Coordenadas: b. E: 841614 N: 1393357 Z: 86,16m; c. E: 841112 N: 1395378 Z: 74,28m



Fuente. Tomado y modificado de Google Earth (a); Unión Temporal Planeando Cúcuta (b, c).

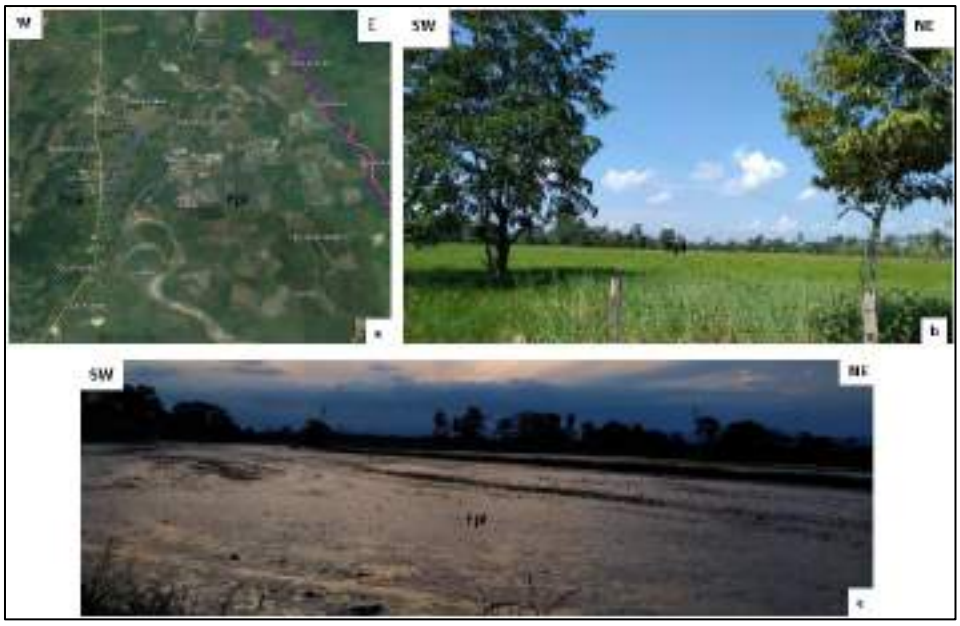
Hacia el sector oriental de la zona norte y centro se encuentra la planicie de inundación del Río Pamplonita, la cual, similar a la planicie de inundación del Zulia, presenta una gran extensión y también se caracteriza por la presencia de cultivos principalmente de arroz, cítricos, maíz, plátano, palma de aceite, entre otros. Esta zona también se presentan eventos históricos por inundaciones en la ola invernal 2010-2011 (Gráfica 112).

1.1.2.8.3.1.5Montículos y ondulaciones (Dmo):

Elevación del terreno con una altura menor de 50 metros sobre su nivel de base local, con una morfología colinada, cóncava o convexa, suavemente inclinada y con drenaje divergente. Su origen es relacionado a procesos de meteorización y erosión intensa sobre rocas blandas o friables y en sedimentos no consolidados, dispuestos de manera horizontal a ligeramente inclinados (SGC, 2012).

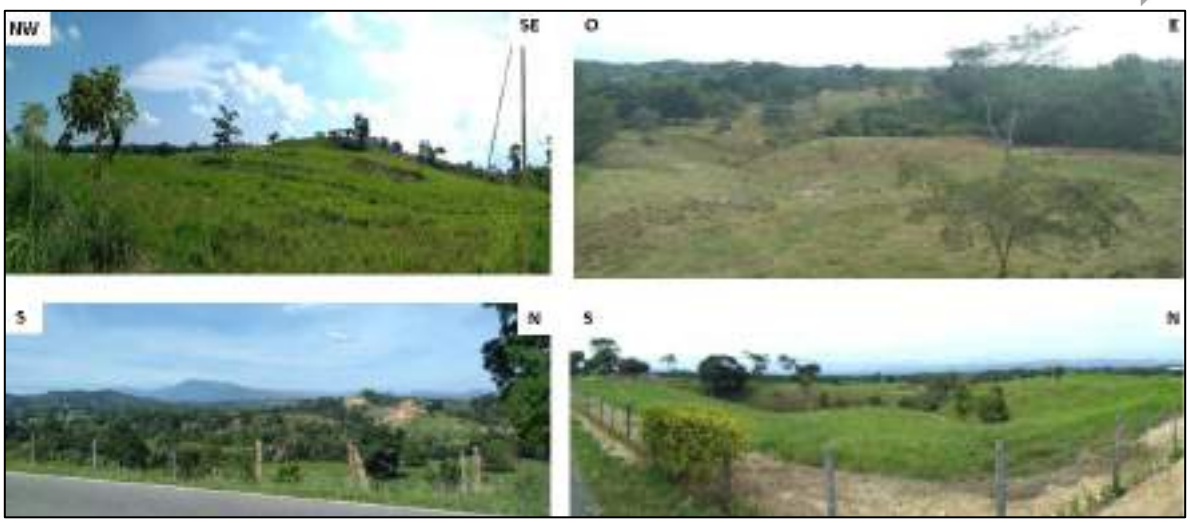
En la zona de estudio, los montículos se encuentran formando parte de antiguas terrazas aluviales que se han ido denudando, dando como resultado dichas geoformas, en algunas partes algo disectadas (Gráfica 113).

Gráfica 112.Planicie de inundación del Río Pamplonita (Zonas Norte y Centro). Coordenadas. b. E: 856662 N: 1039550 Z: 81 m; c. E: 852290 N: 10405709 Z:71m



Fuente. Tomado y modificado de Google Earth (a); Unión Temporal Planeando Cúcuta (b y c).

Gráfica 113. Montículos y ondulaciones asociados a depósitos de terraza aluvial. Zonas Norte y Centro.



Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

1.1.2.8.3.1.6Sierra Anticlinal(Ssan):

Prominencia topográfica elongada de morfología montañosa, de cimas o crestas agudas o redondeadas, limitada por laderas estructurales inclinadas a muy abruptas, rectas o convexas y de longitudes largas. El eje de la estructura es formado por el arqueamiento de los estratos o capas que se inclinan de manera divergente (SGC, 2012). En el área de estudio se localiza en la zona norte, se caracteriza por el arqueamiento de los estratos a favor de la pendiente, asociado al eje del Anticlinal Gonzáles (Gráfica 114).

Gráfica 114. Sierra anticlinal (Ssan) localizada en la Zona Norte.

Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.2.8.3.1.7Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle):

Superficie definida por estratos inclinados a favor de la pendiente del terreno, conformando una artesa, de longitud corta a moderadamente larga, forma cóncava y pendientes inclinadas a abruptas, relacionada al flanco de una estructura sinclinal (SGC, 2012). Esta subunidad se encuentra asociada a una estructura sinclinal mayor correspondiente al Sinclinal Trompillo. Las laderas son rectas, cortas, de aproximadamente 500m, con inclinaciones que van desde inclinadas a muy inclinadas (6°-15°) (Gráfica 115).

1.1.2.8.3.1.8Ladera contrapendiente de Sierra Sinclinal (Ssslc):

Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma irregular o escalonada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una sierra sinclinal (SGC, 2012).

Al igual que la Sssle, esta subunidad se encuentra asociada a una estructura sinclinal mayor correspondiente al Sinclinal Trompillo. Se presenta como laderas ondulosas y escalonadas, de longitudes largas (500-1000m) y con inclinaciones de muy abruptas a escarpadas (21°-45°) (Gráfica 115).

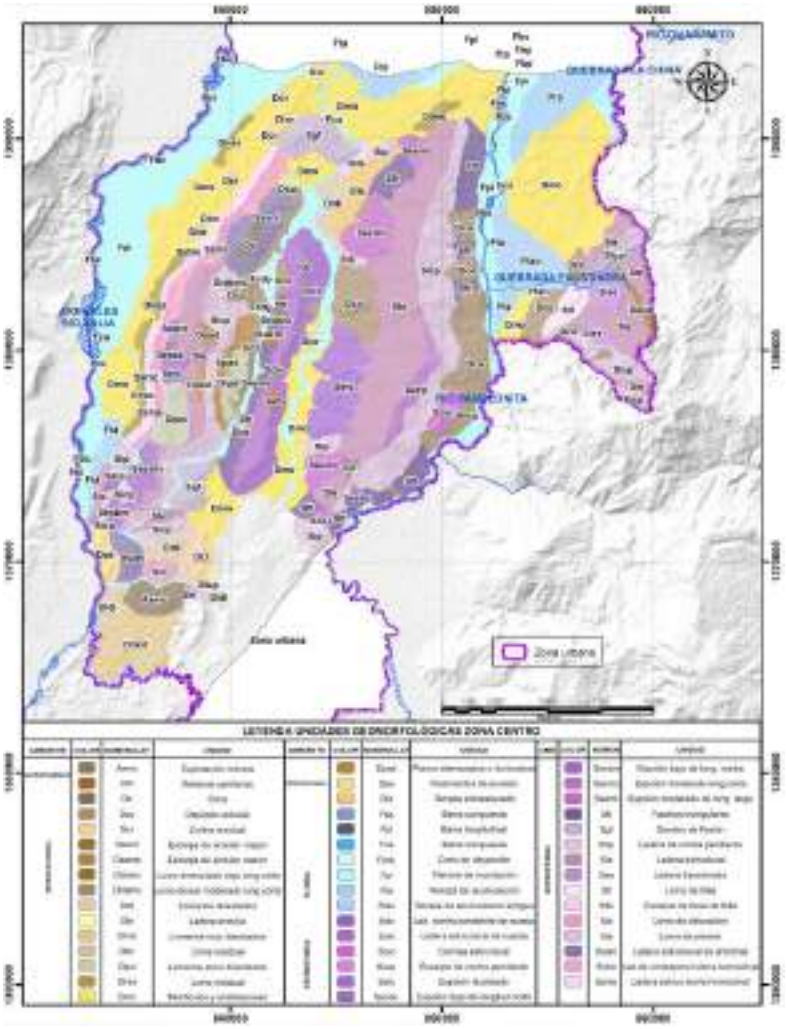
Gráfica 115. Ladera estructural y contrapendiente de Sierra Sinclinal (Sssle-Ssslc) localizada en la Zona Norte.

Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.2.8.3.1.9 Zona Centro

En esta zona predominan subunidades de origen principalmente estructural-denudacional, teniendo en cuenta que es la zona en donde la variación del relieve es mucho mayor y que a su vez las unidades presentes se encuentran afectadas por eventos tectónicos de fallamiento y plegamiento marcados. En menor proporción se evidencian subunidades de origen fluvial y antrópico. En la Gráfica 116 se representa la cartografía de subunidades morfogenéticas a escala 1:25.000 de la Zona Centro.

Gráfica 116. Mapa de Subunidades Morfogenéticas de la Zona Centro.



Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

1.1.2.8.3.1.10Terraza de acumulación (Fta):

Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce de un rio. Su origen es relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas pueden ser parte de cauces rectos a meándricos. Su depósito está constituido por gravas arenas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se aleja del cauce del río (SGC, 2012). En la Gráfica 117 se presenta la terraza de acumulación asociada al río Zulia, en inmediaciones a la planicie de inundación del mismo.

Gráfica 117.Terraza de acumulación y planicie de inundación asociadas al cauce del río Zulia, zona centro. Coordenadas E: 1164158 N: 1372940 Z: 183

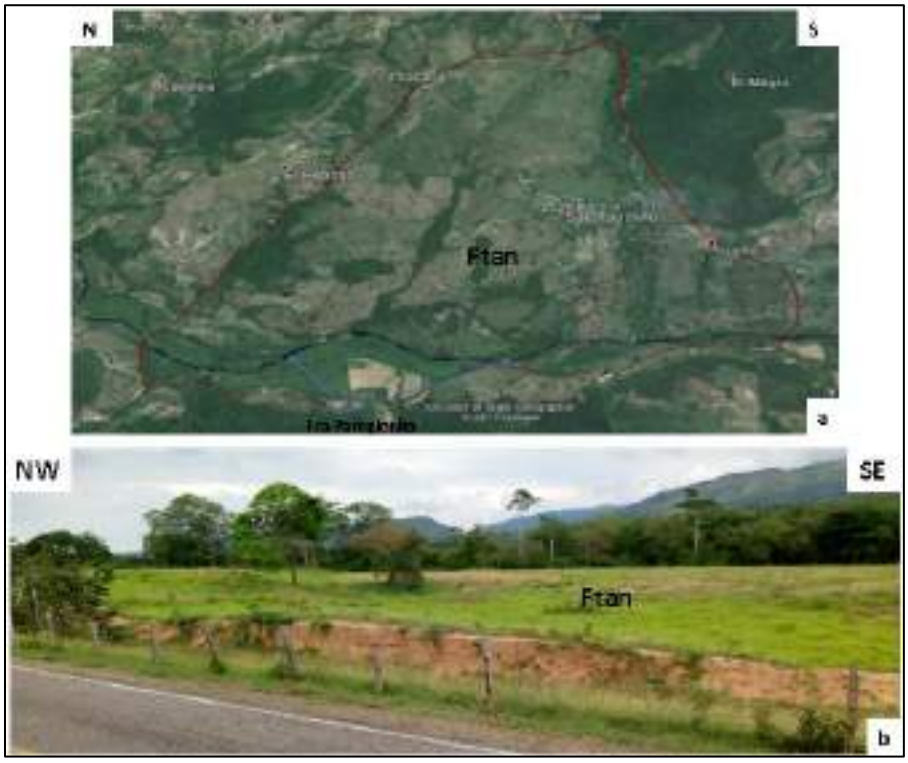
Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017.

1.1.2.8.3.1.11Terraza de acumulación antigua (Ftan):

Superficie alomada en forma de abanico de extensión kilométrica, laderas moderadamente largas, cóncavas a convexas. Se caracterizan por presentar pendientes de 5° a 10° en las partes altas, limitadas por escarpes de disección en forma de "V" que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 20°. De manera general, se presentan colgadas, inclinadas y discordantes sobre unidades antiguas. Su origen es relacionado a la disección y tectónismo de abanicos y planicies aluviales antiguas. Su depósito está constituido por gravas, arenas y arcillas (SGC, 2012).

En el área de estudio se presenta una terraza de acumulación antigua en la zona centro de gran extensión, hacia el sector de San Faustino con forma de abanico y dimensiones aproximadas que sobrepasan los 4.8 Km de largo desde el ápice hasta el pie del abanico, y un ancho máximo de 9 Km (Gráfica 118). Se caracteriza por presentar clastos y algunos bloques redondeados a subredondeados, anisotrópicos, embebidos en un material arcilloso; a diferencia de lo que se plantea en trabajos anteriores, cómo la memoria explicativa de la Plancha 88 Cúcuta realizada por el SGC en el 2016, en donde describen esta unidad como un depósito de flujos de escombros, caracterizados geomorfológicamente como formas alargadas, donde su terminación presenta una forma lobulada, concentradas sobre los valles fluviales de los drenajes, formados por clastos y bloques angulares a subangulares, composicionalmente conformados por material de la unidad que fueron removidos.

Gráfica 118.Terraza de acumulación antigua localizada hacia el centro poblado de San Faustino (Zona Centro). Coordenadas. E: 853.392 N: 1’382.623 Z: 196m.



Fuente. a. Tomado y modificado de Google Earth, 2017; b. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

1.1.2.8.3.1.12Lomos residuales (Dlres):

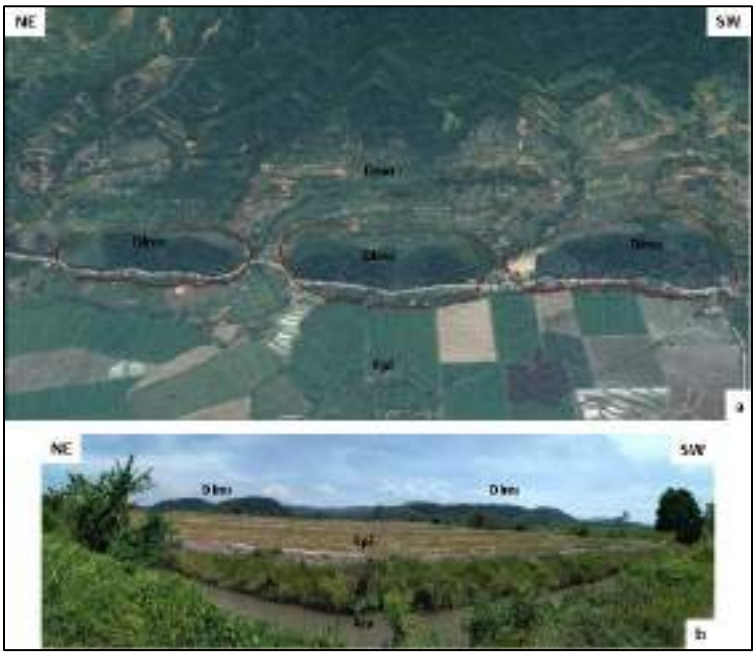
Elevación del terreno menor de 200 metros con morfología alomada y alargada, laderas cortas a moderadamente largas, convexas a eventualmente cóncavas, pendientes muy inclinadas a muy abruptas y con drenaje dendrítico, desarrollada de manera general, sobre materiales afectados por meteorización diferencial intensa (SGC, 2012). Estas geoformas se caracterizan por presentar litologías correspondientes a la antigua terraza aluvial asociada al Río Zulia (Gráfica 119).

1.1.2.8.3.1.13Laderas Erosivas (Dle):

Corresponde a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo. Presenta procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y solifluxión, sobre materiales de suelo o roca. Estas laderas no necesariamente están asociadas a una geoforma mayor o una estructura (SGC, 2012).

En el área de estudio se presentan laderas erosivas, afectadas por procesos erosivos que varían de moderados a fuertes, desde erosión laminar hasta erosión en surcos e incluso carcavamiento. Se localizan principalmente en la zona centro, asociadas a geoformas mayores de origen tanto estructural como denudacional (Gráfica 120).

Gráfica 119.Lomos residuales localizados en la zona centro, asociados a depósitos de terraza aluvial.



Fuente. a. Tomado y modificado de Google Earth, 2017; b. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

Gráfica 120.Laderas erosivas localizadas en la zona centro, puntualmente hacia el sector de la Hacienda Santa Elena. Coordenadas. E: 842520 N: 1385574 Z:201m

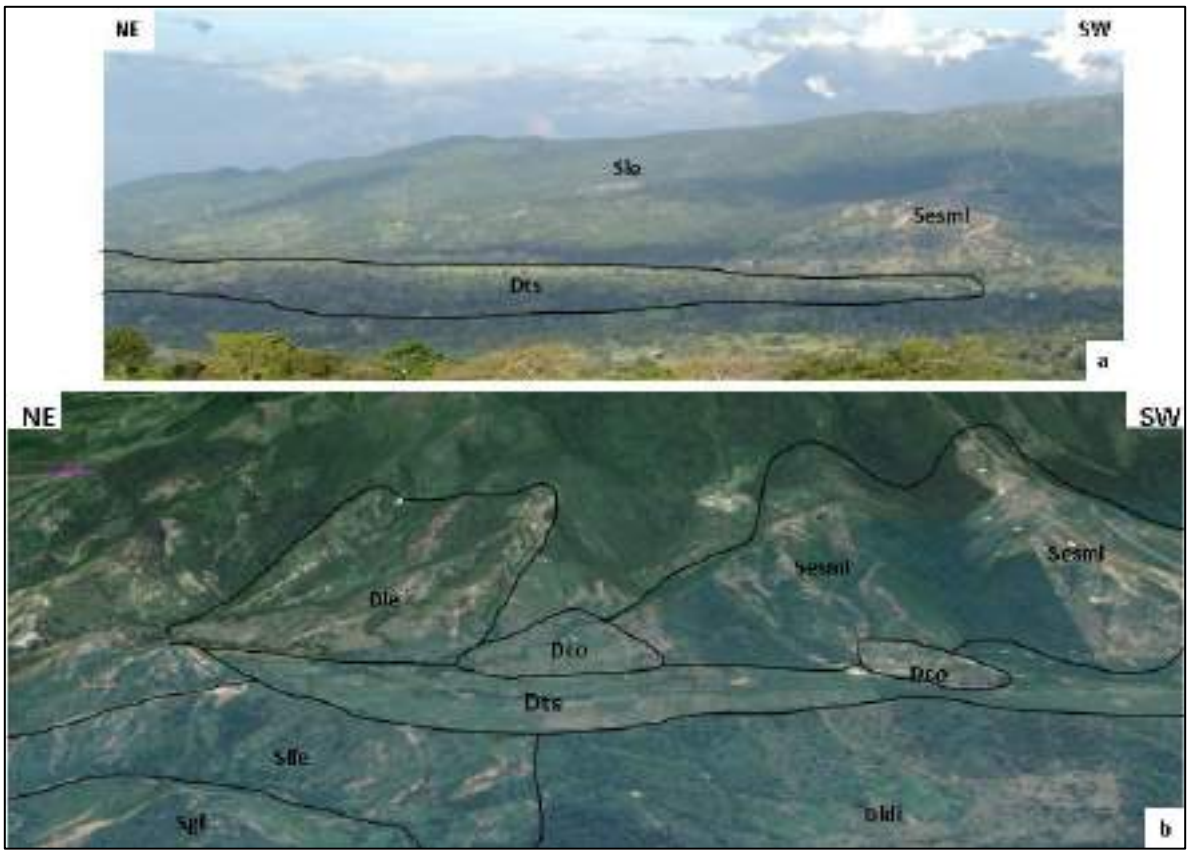
Fuente. (a, b). Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017; c. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.2.8.3.1.14Terraza sobreelevada (Dts):

Plano o superficie denudada de morfología alomada y colinada, de pendientes suavemente inclinadas que aparecen como relictos de antiguas terrazas y modelados fluviales, emplazados a una altura mayor que el nivel base del cauce actual. Corresponden a zonas afectadas por tectónismo o áreas donde los procesos de erosión son más influyentes que los de depositación.

Se localiza en la zona centro, entre los sectores de Oripaya y El Edén, por la vía que va de Cúcuta a Puerto Santander. Corresponde a una ladera que ha sido afectada por procesos denudacionales, presenta una inclinación plana a inclinada (1°-7°), corresponde a un relicto de una antigua terraza, evidenciado por su mayor altura con respecto al nivel del cauce actual. Se evidencia afectación por tectónismo debido al paso de la Falla de Puerto Nuevo, generando subunidades morfogenéticas que la limitan, tanto de origen denudacional como estructural, ejemplo de esto son las laderas erosivas, espolones denudados, algunos depósitos coluviales pequeños, algunos lomeríos disectados, gancho de falla, escarpe de línea de falla, y ladera estructural como se observa en la Gráfica 121.

Gráfica 121. Terraza sobreelevada, y subunidades aledañas en la zona centro hacia el sector de El Veinticinco, entre Oripaya y El Edén.



Fuente. a. Unión Temporal Planeando Cúcuta; b. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.2.8.3.1.15Planos aterrazados o duricostras (Dpad):

Superficie plana, aterrazada, de laderas largas a extremadamente largas. Su origen es relacionado a la acumulación en costras endurecidas de sílice (SiO2), alúmina (Al2O3), y óxido de hierro (Fe2O3), que representan la alteración química de las partes superiores de las llanuras y zonas de bajo relieve (SGC, 2012).

Los planos aterrazados o duricostras presentes en la zona centro, en donde se evidencian procesos erosivos muy fuertes, llegando hasta el grado de bad lands o tierras malas. Estas zonas son muy irregulares e inestables, además presentan alto grado de oxidación de los materiales lo cual se ve evidenciado en las tonalidades rojizas (Gráfica 122).

Gráfica 122.Planos aterrazados o duricostras en la zona centro. Coordenadas. E: 839412 N: 1377456 Z: 392m.

Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

1.1.2.8.3.1.16Laderas estructurales (Sle):

Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) a favor de la pendiente del terreno. De longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas. Esta geoforma no está asociada a ninguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, monoclinal, entre otros) (SGC,2012). En la Gráfica 123 se observa la

ladera estructural del conocido Cerro Tasajero la cual se caracteriza por ser una ladera en general recta, de longitud muy larga a extremadamente larga (2000m-3000m aproximadamente) con una inclinación que varía de abrupta a escarpada (16°-45°). Hacia algunos sectores de las partes más altas de la ladera, hacia el parteaguas, se evidencian procesos erosivos marcados.

Gráfica 123.Ladera estructural del Cerro Tasajero en la zona centro. Coordenadas. E: 847907 N:1376550 Z: 932m.

Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017.

1.1.2.8.3.1.17Laderas en contrapendiente (Slcp):

Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a muy escarpadas. Esta geoforma no está asociada a ninguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, monoclinal, entre otros) (SGC, 2012). En la Gráfica 124 se observa la ladera en contrapendiente del Cerro Tasajero, hacia el sector de las Antenas, la cual se caracteriza por ser una ladera ligeramente ondulosa, con una longitud que varía de moderada a muy larga (500m-1500m aproximadamente) y una inclinación que va desde abrupta a escarpada (16°-45°).

1.1.2.8.3.1.18Escarpe de contrapendiente (Secp):

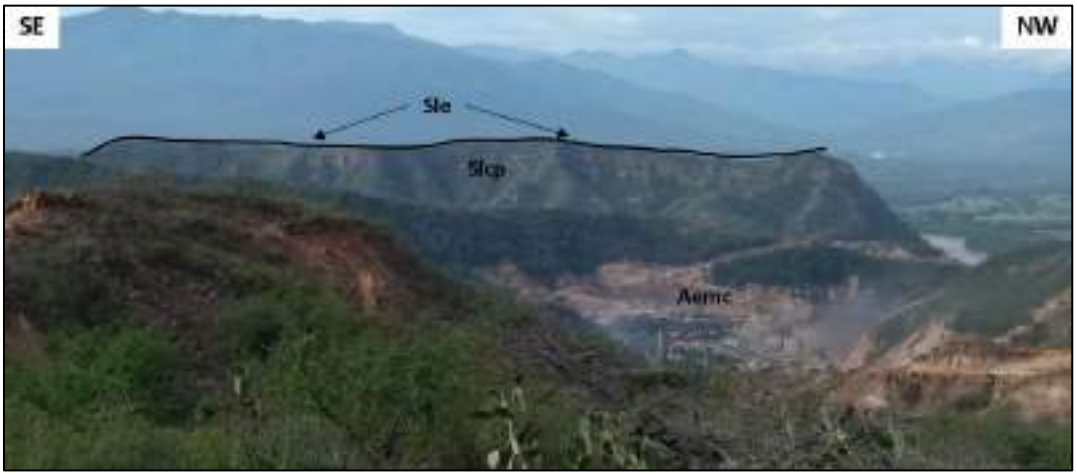
Plano vertical a subvertical corto a muy corto, de pendiente escarpada. Se caracteriza porque la estratificación se encuentra dispuesta en contra de la pendiente. Se encuentra hacia la parte más alta de la ladera en contrapendiente. Se destaca por ser recta, presentar longitudes moderadas de 300m-500m aproximadamente y por tener inclinaciones muy escarpadas mayores a 45° (Gráfica 124).

Gráfica 124.Escarpe y ladera en contrapendiente del cerro tasajero, viendo hacia sur (Zona centro). Coordenadas. E: 848244 N: 1377111 Z: 944m

Fuente. UT Planeando Cúcuta 21017.

Hacia el sector occidental de la zona centro también se evidencian varias subunidades morfogenéticas correspondientes a laderas estructurales y en contrapendiente, como se observa en la Gráfica 125.

Gráfica 125. Ladera estructural y en contrapendiente en la zona centro, hacia el sector occidental. Coordenadas. E: 834709 N: 1369861 Z: 315m.



Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017.

1.1.2.8.3.1.19Cornisa Estructural (Scor):

Saliente estructural u hombrera rocosa, tabular de morfología alomada suavemente inclinada. Se presenta a manera de repisa en laderas de contrapendiente generalmente irregulares a escalonadas. Su origen se debe a la acción conjunta de procesos estructurales y erosión diferencial en unidades duras y blandas (SGC, 2012).

Se presenta a manera de repisa sobre la ladera en contrapendiente del Cerro Tasajero, como se observa en la Gráfica 126.

Gráfica 126.Cornisa estructural en ladera contrapendiente del Cerro Tasajero, zona centro.

Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.2.8.3.1.20Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle):

Superficie definida por la inclinación de los estratos a favor de la pendiente, de longitud corta a moderadamente larga, presenta formas rectas a convexas y pendientes escarpadas a muy escarpadas, relacionada a una estructura homoclinal (SGC, 2012). Dicha estructura homoclinal se presenta como una unidad mayor, ocupando gran extensión en el área de estudio principalmente la zona centro y parte de la zona sur, con una tendencia marcada en dirección SW-NE (Gráfica 127).

1.1.2.8.3.1.21Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc):

Superficie vertical a subvertical moderada a larga, de forma cóncava, escalonada, festoneada a irregular, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada a una sierra homoclinal (SGC, 2012). Dicha estructura homoclinal se presenta como una unidad mayor, ocupando gran extensión en el área de estudio principalmente la zona centro y parte de la zona sur, con una tendencia marcada en dirección SW-NE (Gráfica 127).

Gráfica 127.Ladera estructural y en contrapendiente de sierra homoclinal, zona centro del área de estudio. Coordenadas. E: 839412 N: 1377456 Z: 392m

Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017.

1.1.2.8.3.1.22Gancho de flexión (Sgf):

Espolón estructural de morfología alomada, con una geometría en planta en forma de gancho. Su origen se relaciona al efecto combinado generado por el desplazamiento lateral a lo largo de una falla de rumbo y su posterior incisión erosiva (SGC, 2012). En la zona centro se encuentra un gancho de flexión asociado al paso de dos fallas principales, Falla Puerto nuevo y Falla San Joaquín. Presenta formas características de gancho o "S" (

Gráfica 128).

1.1.2.8.3.1.23Depósitos Coluviales (Dco):

Geoformas que consisten en depósitos de gravedad producto de la acumulación de materiales de suelo residual y/o fragmentos angulares de roca, que incluyen depósitos de talud, derrubios y material de avalancha que han sido transportados por la acción de la gravedad de zonas puntuales ligeramente más elevadas. Presentan formas irregulares con pendientes leves a moderadas.

Gráfica 128.Gancho de flexión localizado en la zona centro.

Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

Hacia el sector de la vía que va desde Cúcuta a San Faustino (zona centro), se presentan depósitos coluviales asociados a antiguos movimientos en masa, algunos de grandes extensiones, y se caracterizan por la acumulación de material de suelo residual y caída de bloques que enmarcan procesos denudativos fuertes desencadenados principalmente por acción de la gravedad y que se pueden ver acentuados en épocas de fuertes lluvias. Presentan laderas irregulares, largas a muy largas (501m-2500m), con inclinaciones que van desde muy inclinadas a escarpadas (6°-45°) en algunos sectores (Gráfica 129).

1.1.2.8.3.1.24Llenos de basuras o rellenos sanitarios (Arb):

Montículos alomados o aterrazados formados por la acumulación de desechos orgánicos o industriales sin diferenciar, los cuales son dispuestos de manera mecánica o manual (SGC, 2012).

El municipio de Cúcuta cuenta con el Parque Tecnológico y Ambiental Guayabal, una explanación y relleno, en donde se realiza el tratamiento de residuos sanitarios (Gráfica 130). Cuenta con un area de 741.546 m^2 y corresponde a una ladera irregular con pendientes que varían de planas a suavemente inclindas, se caracteriza por la presencia de suelos desnudos y la intervención antrópica permanente.

Gráfica 129.Depósitos coluviales localizados en el sector de la vía que conduce de Cúcuta al Centro Poblado de San Faustino.

Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

Gráfica 130.Geoforma de origen antrópico de Rellenos de basuras o rellenos sanitarios (Arb), correspondiente al Parque Tecnológico y Ambiental Guayabal. Fotografía tomada desde la vía que va del Salado al Campanario (Zona Centro). Coordenadas: E:839608, N:1377053, h: 275m

Fuente (a). Tomado y modificada de Google Earth, 2017; Fuente (b). Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

1.1.2.8.3.1.25Explotación minera (Aemc):

Son extensas áreas dedicadas a la extracción de materiales y minerales a cielo abierto, cuyo proceso extractivo se realiza en la superficie del terreno con maquinarias mineras de gran tamaño (SGC, 2012).

En la zona centro del área de estudio se encuentran varias áreas destinadas a la explotación de material arcilloso, los cuales son explotados en canteras (Gráfica 131). En estas áreas se presentan procesos erosivos fuertes provocados por el descapote al que ha sido sometido el suelo. A pesar de ser una zona controlada estructuralmente predomina la intervención antrópica.

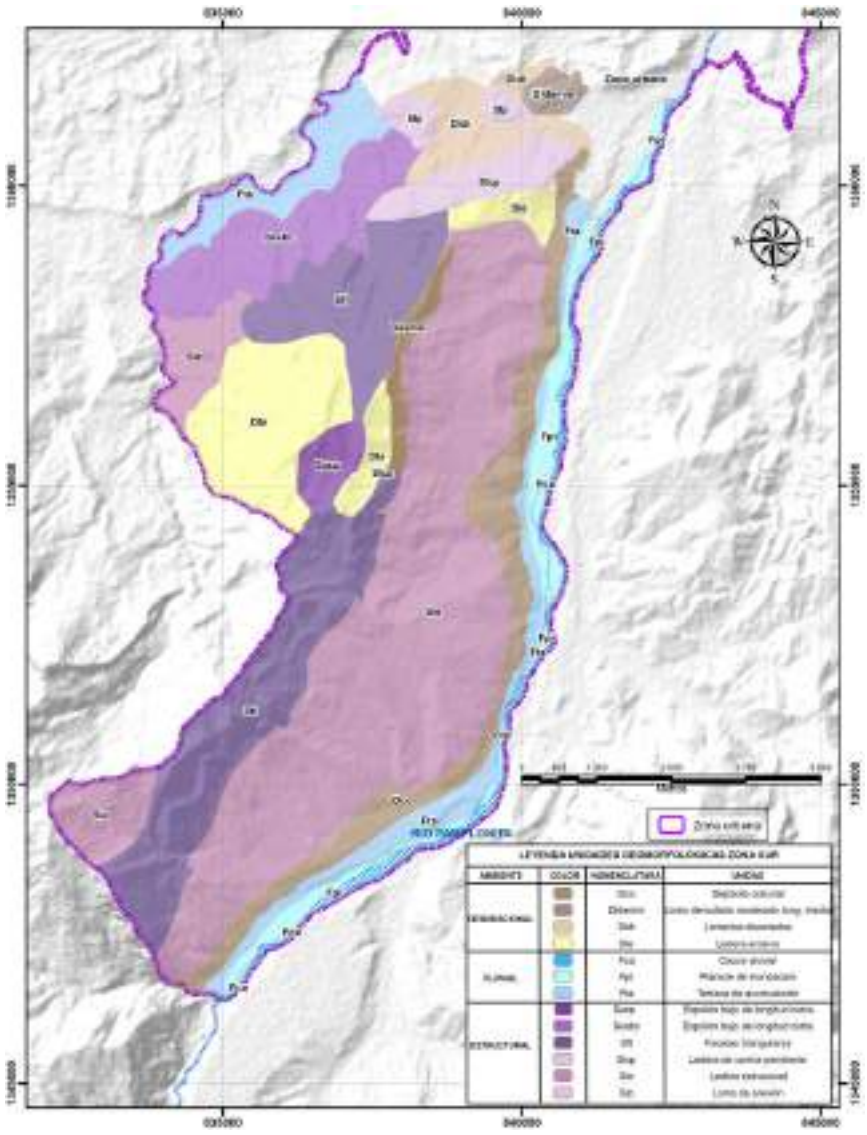
Gráfica 131. Áreas de explotación minera en la zona sur (Aemc). Coordenadas: a. E: 835899, N: 1368421, h: 231m; b. E: 835340 N: 1368600 h:240m

Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

1.1.2.8.3.2 Zona Sur

En esta zona predominan subunidades de origen principalmente estructural-denudacional, representa una zona afectada por eventos tectónicos de fallamiento marcados. En menor proporción se evidencian subunidades de origen fluvial. En la Gráfica 124 se representa la cartografía de subunidades morfogenéticas a escala 1:25.000 de la Zona Sur.

Gráfica 132. Mapa de Subunidades Morfogenéticas de la zona Sur.



Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

1.1.2.8.3.2.1Facetas Triangulares (Sft):

Plano vertical a subvertical abrupto, recto con una geometría en planta triangular a trapezoidal (base amplia y techo angosto). Su origen se relaciona al truncamiento y desplazamiento de relieves estructurales o de interfluvios, por procesos de fallamiento y posterior erosión diferencial (SGC, 2012).

Se presentan facetas triangulares en la zona sur, hacia el sector de San Pedro. Se caracterizan por presentarse hacia la parte alta de la ladera en contrapendiente, formando planos

triangulares en laderas rectas, largas a muy largas (501m-1500m), con inclinaciones que varían desde muy abruptas a muy escarpadas (>21°) (Gráfica 133). Su origen está relacionado a fallamiento inverso generado por la Falla del Gavilán.

Gráfica 133. Facetas triangulares (Sft) localizadas en el sur del área de estudio.

Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.2.8.3.2.2Depósito Coluvial (Dco):

En la zona sur, hacia el sector del Pórtico-San Pedro se presentan depósitos coluviales de gran extensión asociados a antiguos movimientos en masa considerados como históricos en el municipio de Cúcuta, se caracterizan por la acumulación de material de suelo que enmarcan procesos denudativos fuertes desencadenados principalmente por acción de la gravedad y que se pueden ver acentuados en épocas de fuertes lluvias. Presentan laderas irregulares, largas a muy largas, con inclinaciones que van desde muy inclinadas a muy abruptas (11°-30°) en algunos sectores (Gráfica 134).

Gráfica 134. Depósito coluvial (Dco), asociado a antiguos movimientos en masa en el sector de San Pedro en la Zona Sur.

Fuente. Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017.

Gráfica 135. Geoformas de origen estructural, denudacional y fluvial en la zona sur, hacia el sector de San Pedro. Facetas triangulares (Sft), Ladera en contrapendiente (Slcp), Depósitos coluviales(Dco), Terraza de acumulación(Fta) y Planicie de inundación.

Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

Gráfica 136. Geoformas de origen estructural y denudacional localizadas en la zona sur, hacia el sector del Carmen de Tonchalá. Facetas triangulares (Sft), Ladera estructural (Sle), Laderas erosivas (Dle), Espolones bajos de longitud corta (Sesbc), Lomo de Presión (Slp).

Fuente. Tomado y modificado de Google Earth, 2017.

1.1.2.9 Morfodinámica

La morfodinámica consta de los procesos geodinámicos externos (especialmente denudativos) antiguos y recientes, que han definido el relieve y continúan modelando el terreno (SGC, 2015). Estos procesos geodinámicos son los responsables del estado actual de las geoformas o unidades del terreno (SGC, 2015), por lo tanto, la caracterización morfodinámica permite la identificación de los procesos denudativos (erosión y fenómenos de movimientos en masa) que han ocurrido en cierta área determinada, los cuales han contribuido en su evolución y permite tener una prospectiva sobre la estabilidad futura del terreno (INGEOMINAS, 2004).

1.1.2.9.1 Movimientos en masa

El término de movimiento en masa hace referencia al proceso de movilización lenta y/o rápida de un determinado volumen de suelo o roca, generando un riesgo a la población que se expone a la acción de estos procesos y sus perjuicios.

Hacen parte de este fenómeno aquellos movimientos de suelo o roca inducidos por la acción de la gravedad, donde influyen características como la litología, el grado de meteorización y la disposición estructural de los materiales, entre otros; a su vez, interviene las características topográficas del terreno y el clima imperante que influye en el contenido de humedad de los materiales. Por ende, es necesario identificar, caracterizar y cartografiar los sectores afectados por movimientos en masa, teniendo en cuenta el aporte que puede realizar los estudios previos, con el fin de establecer medidas preventivas y correctivas viables que garanticen la seguridad de la ciudadanía.

Para la clasificación de los movimientos en masa, se siguen los lineamientos propuestos por (Varnes, 1978) en la Tabla 8

Tabla 8. Clasificación de los movimientos en masa según (Varnes, 1978)

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">TIPO DE MOVIMIENTO</th><th rowspan="2">ROCAS</th><th colspan="2">SUELOS INGENIERILES</th></tr>
<tr><th>GRUESOS</th><th>FINOS</th></tr>
<tr><td colspan="3">CAIDAS</td><td>Caída de rocas</td><td>Caída de detritos</td><td>Caída de tierras</td></tr>
<tr><td colspan="3">VOLCAMIENTOS</td><td>Volcamiento de roca</td><td>Volcamiento de detritos</td><td>Hundimiento de tierras</td></tr>
<tr><td rowspan="2">DESLIZAMIENTO</td><td>Rotacional</td><td>Roca Homogénea</td><td>Hundimiento de rocas</td><td>Hundimiento de detritos</td><td>Hundimiento de tierras</td></tr>
<tr><td>Traslacional</td><td>Heterogeneidad litológica</td><td>Deslizamiento de bloques de rocas</td><td>Deslizamiento de bloques Deslizamiento de detritos</td><td>Deslizamiento de tierras</td></tr>
<tr><td colspan="3">PROPAGACION LATERAL</td><td>De rocas</td><td>De detritos</td><td>De tierras</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">FLUJOS</td><td rowspan="2">Flujo de rocas</td><td>Flujo de detritos</td><td>Flujo de tierras</td></tr>
<tr><td colspan="2">Reptación</td></tr>
<tr><td colspan="3">MOVIMIENTOS COMPLEJOS</td><td colspan="3">Combinación de dos o más movimientos</td></tr>
</table>

FUENTE: Varnes (1978).

Estos movimientos en masa generalmente son inducidos por factores detonantes capaces de acelerar este tipo de procesos, siendo los más comunes la saturación de agua por precipitación, sobrecarga o devastación de la vegetación en la superficie del terreno, los sismos, entre otros. Conjuntamente, los factores intrínsecos de la roca o el suelo expuesto en superficie como la litología, fracturamiento, meteorización o erosión, generan estos movimientos en masa.

1.1.2.9.2 Estado del arte

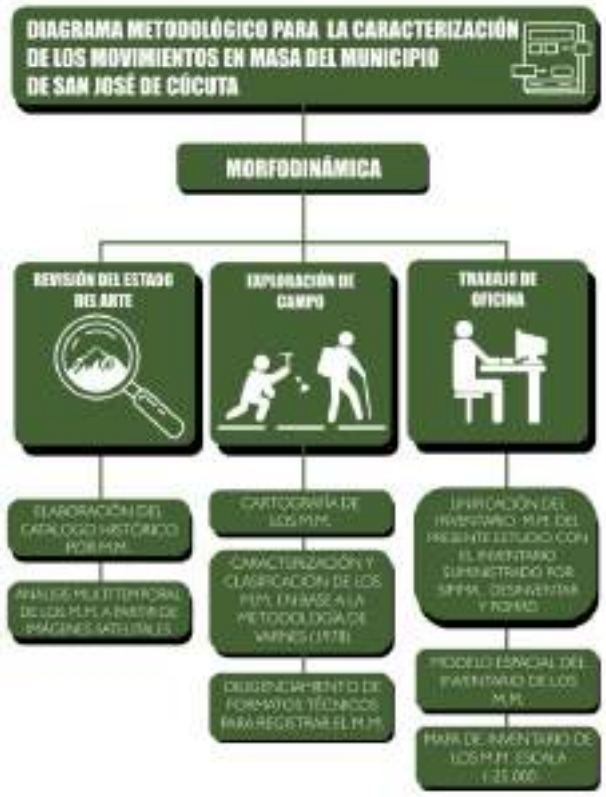
Son escasos los estudios realizados sobre la temática de Movimientos en Masa (M.M.) en el municipio de Cúcuta. El trabajo previo más reciente se denomina “Memoria Técnica Explicativa del Mapa Geomorfológico Analítico Aplicado a la Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa a escala 1:100.000 de la Plancha 088 Cúcuta, Departamento de Norte de Santander” (SGC, 2015); dicho trabajo se hizo en colaboración con la Universidad de Caldas con el objeto de suministrar información fundamental para la zonificación de la Susceptibilidad y Amenaza relativa (SGC, 2015).

También, se dispone de información de los eventos de movimientos en masa consignados en las bases de datos de Sistema de información de Movimientos en Masa – SIMMA y Sistema de Inventario de Desastres – DesInventar, y los citados en el Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres – PMGRD Versión 2 (2015). El trabajo propuesto en este documento es realizado a una mayor escala de detalle (1:25.000), se enfatiza en la caracterización de los movimientos en masa en base a la metodología de (Varnes, 1978), cuyo registro se soporta en la evidencia fotográfica y los formatos diligenciados sugeridos por el SGC.

1.1.2.9.3 Metodología para la determinación de los movimientos en masa.

La caracterización de la morfodinámica del presente trabajo emplea la metodología propuesta en el estudio de “Slope movement types and processes” (Varnes, 1978) y se apoya en los formatos de inventarios de movimiento en masa sugeridos por el (SGC, 2015) en la “Memoria Técnica Explicativa del Mapa Geomorfológico Analítico Aplicado a la Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa a escala 1:100.000 de la Plancha 088 Cúcuta, Departamento de Norte de Santander”. La cartografía de los movimientos en masa del informe del (SGC, 2015) mencionado se complementa con las bases de datos de SIMMA y DesInventar, la cartografía del PMGRD del municipio de Cúcuta y los M.M. registrados en este trabajo, para obtener una salida cartográfica de datos geo-referenciados que se empleará como datos de entrada para la ejecución del modelo espacial de Susceptibilidad y Amenaza del presente estudio(Gráfica 137).

Gráfica 137. Diagrama metodológico para la caracterización de los movimientos en masa del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.9.4 Catálogo de inventario de movimientos en masa.

Para el establecimiento de movimientos en masa que están afectando la zona de estudio, se consolida un inventario de eventos ocurridos, realizado en la fase de exploración de campo. En el inventario de movimientos en masa se referencia la información técnica del evento registrado en campo, incluye datos relacionados con el tipo y actividad del movimiento en masa, su morfometría, material involucrado, causas, daños, entre otros datos.

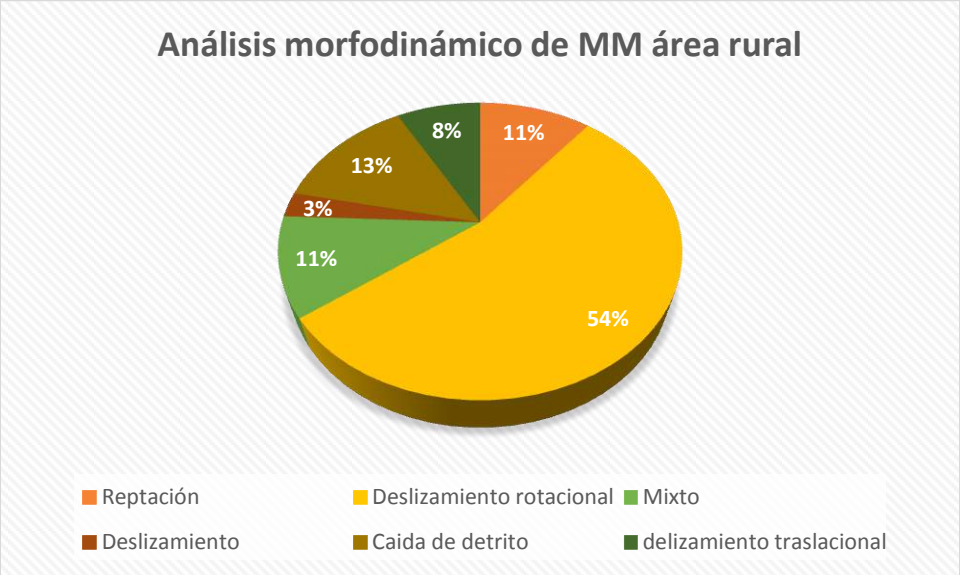
Se definieron un total de 37 movimientos en masa en el perímetro rural del municipio de San José de Cúcuta (Tabla 9), donde predominan los movimientos de tipo rotacional, además de caídas de detrito, reptaciones, deslizamientos translacionales y procesos complejos o mixtos; donde estos últimos involucran más de un tipo de movimiento

Tabla 9. Inventario de los movimientos en masa cartografiados en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta.

No.	ESTACIÓN	TIPO DE MOVIMIENTO	COORDENADAS		ZONA
			N	E	
1	LEDM1	Reptación	1.390.466.890	847.557.849	Centro
2	LEDM 7	Deslizamiento rotacional	1.390.064.466	847.609.944	Centro
3	LEDM 8	Deslizamiento rotacional y caída de rocas	1.390.046.620	847.620.135	Centro
4	LEDM 11	Deslizamiento rotacional	1.389.330.847	847.783.945	Centro
5	LEDM 12	Deslizamiento rotacional	1.374.726.905	842.999.946	Sur
6	LEDM 14	Caída de roca y detrito	1.368.960.099	833.906.52	Sur
7	LEDM 15	Caída de roca y detrito	1368932	833962	Sur
8	LEDM 17	Deslizamiento traslacional	1.367.470.835	836.965.462	Sur
9	LDM 1	Deslizamiento rotacional	1.386.633.919	856.001.706	Centro
10	LDM 2	Reptación	1.382.384.214	853.269.671	Centro
11	LDM 3	Deslizamiento rotacional	1.380.132.890	852.242.733	Centro
12	LDM 4	Caída de detrito	1.379.288.771	852.254.751	Centro
13	LDM 5	Deslizamiento rotacional	1.377.952.676	851.562.633	Centro
14	LDM 7	Deslizamiento rotacional	1.376.118.147	850.822.527	Centro
15	LDM 8	Deslizamiento rotacional	1.375.805.037	850.228.431	Centro
16	LDM 9	Deslizamiento rotacional	1.374.719.787	849.390.592	Sur
17	LDM 11	Deslizamiento rotacional	1.373.007.069	847.755.038	Sur
18	LDM 14	Deslizamiento rotacional	1.373.989.220	848.985.205	Sur
19	LDM 15	Deslizamiento rotacional	1.388.652.096	856.955.174	Sur
20	LDC 2	Reptación	1381407	855679	Centro
21	LDC 3	Deslizamiento traslacional	1380164	857922	Centro
22	LED 7	Caída de detrito	1.361.246.184	840.014.081	Sur
23	LED 10	Deslizamiento rotacional	1.356.795.083	840.493.189	Sur
24	LED 9	Deslizamiento rotacional	1.357.087.808	840.494.195	Sur
25	AEK 6	Deslizamiento rotacional	1375574	842536	Centro
26	AEK 16	Deslizamiento rotacional	1393619	842903	Centro
27	LEA 21	Deslizamiento rotacional	1395330	847154	Norte
28	LEA 25	Caída de detrito	1402327	850706	Centro
29	LEA 29	Caída de detrito	1379842	850258	Centro
30	LEA 31	Caída de detrito	1378216	851021	Centro
31	LEA 32	Deslizamiento traslacional	1378068	851180	Centro
32	AFK 4.4	Deslizamiento traslacional y caída	1389730	839618	Centro
33	KME 3	Deslizamiento rotacional	1376569	839865	Centro
34	KJS 1	Deslizamiento	1382341	856163	Norte
35	KJS 6	Deslizamiento rotacional	1384052	857670	Norte
36	KJS 7	Deslizamiento rotacional	1384298	858027	Norte
37	KJS 8	Reptación	1384122	857801	Norte

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

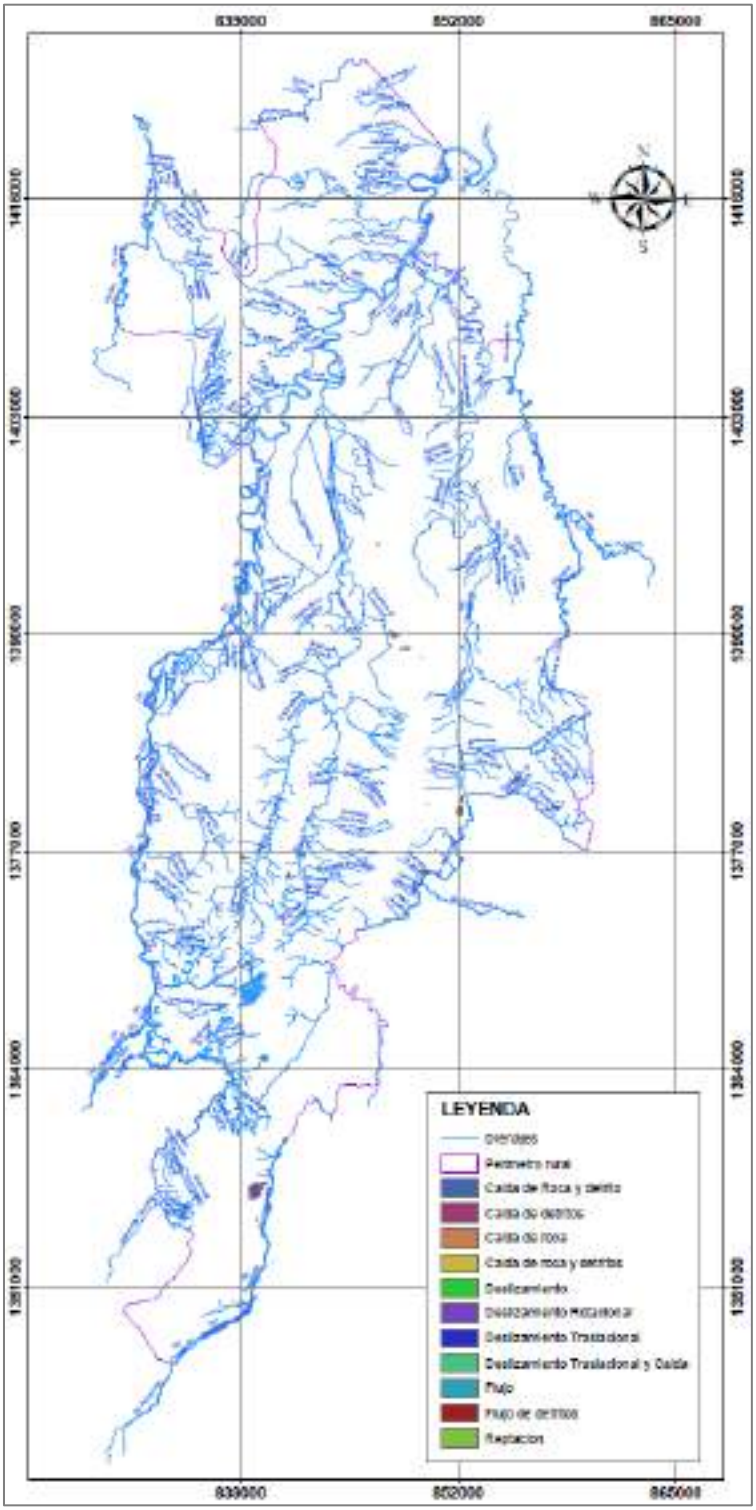
Gráfica 138. Distribución de los tipos de movimientos en masa inventariados en el área rural del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Los movimientos en masa activos se distribuyen a lo largo de la zona de estudio, siendo las zonas centro y sur las más afectadas. Los deslizamientos rotacionales son los que mayor recurrencia en campo tienen (54 %), predominando sobre las Formaciones Carbonera y León, el Grupo Guayabo en los niveles de intercalaciones de areniscas y donde predominan las lodolitas de este y por último los depósitos de ladera, siendo que la mayoría está compuesta por material no consolidado de tamaño de grano variado. También se reportan movimientos rotacionales sumados a caída de detritos sobre el Grupo Guayabo donde predominan las intercalaciones de lodolitas y areniscas. La reptación con un 11 % del total de eventos reportados tiene predominancia sobre la Formación Carbonera y el Grupo Guayabo, en niveles donde predominan lodolitas, que sumado a factores como pendiente aportan para que la extensión del movimiento sea mayor. La caída de roca y detritos tiene un 13 % del total de los movimientos reportados afectando las formaciones Catatumbo y Carbonera, el Grupo Guayabo en su mayoría, también se encuentra cerca al cauce aluvial del Río Zulia. Los deslizamientos traslacionales se localizan sobre la Formación Carbonera en niveles de intercalaciones de areniscas y lodolitas.

Mapa 5. Mapa de movimientos en masa en el área rural del municipio de San José de Cúcuta.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

A continuación, se describen los tipos y subtipos de movimientos en masa encontrados y registrados durante la fase campo en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta.

1.1.2.9.4.1 Deslizamientos

Son movimientos caracterizados por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado bien definidas. Son los movimientos que presentan más criterios de clasificación; ya que pueden ocurrir sobre laderas de pendientes suaves a escarpadas, sobre todo tipo de materiales litológicos, a diferentes velocidades y en ellos pueden operar distintamente uno o varios agentes motores de movimiento (agua, hielo, viento).

En el área de estudio se identificaron los dos subtipos de deslizamientos los cuales son descritos a continuación.

1.1.2.9.4.1.1Deslizamientos Traslacionales.

Este tipo de deslizamiento ocurre cuando la masa se mueve a lo largo de una superficie plana u ondulada. Los deslizamientos traslacionales se identificaron en las zonas centro y sur asociada a los niveles de areniscas y lodolitas del Grupo Guayabo y de la Formación Carbonera, en zonas de pendientes abruptas, escarpadas y muy escarpadas, donde el mecanismo de ruptura evidente corresponde al planar y traslacional estructural, causados principalmente por la sobrecarga y la saturación del suelo detonados por el incremento de las lluvias y la actividad sísmica de la zona (Gráfica 139).

Gráfica 139. Deslizamientos traslacionales en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta. A y b hacen parte de la estación LEDM17. Coordenadas: N=1.367.470,835 m, E=836.965,462 m. C y d hacen parte de la estación LEA32, Coordenadas: N= 1.378.068 m, E= 851.180 m. E y f hacen parte de la estación LDC03, coordenadas: N= 1.380.164 m, E= 857.922 m

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Gráfica 140. Deslizamiento traslacional representativo de la zona rural. Coordenadas: N=1.367.470,835 m, E=836.965,462 m.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Este movimiento se localiza sobre la Quebrada Seca, se encuentra con una actividad relativa de tipo activo continuo, de edad reciente con una velocidad de movimiento lenta, el deslizamiento se dio en la ladera baja, media y cima donde los elementos geomorfológicos visibles son la cabeza, la corona, escarpe principal y escarpe secundario, otro elemento visible es el cuerpo. El deslizamiento presenta unas dimensiones de 300m de ancho y 150m de altura con un desplazamiento rápido de 2m. Por otra parte, la forma de ocurrencia es en enjambre. El avance de este material desplazado es de tipo progresivo, se compone por suelo residual y fragmentos de roca, en la matriz su tamaño predominante es de tipo arcillas, limos, arenas, donde la forma del depósito es en cono y lengua con una geometría elongada, la posición del plano de falla es suelo residual y roca meteorizada. Se presenta una pendiente de tipo inclinada y una longitud moderada.

De manera generalizada los deslizamientos traslacionales se ubican en la zona centro y sur, presentan una inclinación escarpada con longitud de pendiente moderada, exhiben grandes dimensiones que varían en ancho desde 50m a 150m, sobre litologías donde predominan la intercalación de areniscas y lodolitas tanto de la Formación Carbonera como el Grupo Guayabo. Todos los movimientos tienen una actividad relativa activa y son de edad reciente.

1.1.2.9.4.1.2Deslizamientos Rotacionales.

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe (Cruden & Varnes, 1996). En el municipio de San José de Cúcuta se cuenta con una cantidad apreciable de dichos movimientos. Se caracterizan por tener grandes extensiones y presentarse en forma de enjambre. Las pendientes asociadas a estos movimientos son desde inclinadas a muy escarpadas, de longitudes cortas a moderadamente largas (50-500m) y se asocian a los niveles blandos de la Formación León, el Grupo Guayabo, la Formación Carbonera y los depósitos de Terraza aluvial (Gráfica 141).

Gráfica 141. Deslizamiento rotacional representativo de la zona rural.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Hacia la zona norte del área de trabajo se tienen muy pocos reportes debido a que es una zona de difícil acceso por motivos de seguridad al momento de la realización del trabajo y reconocimiento de campo.

1.1.2.9.4.1.2.1 Zona centro

Gráfica 142. Deslizamientos rotacionales en la zona centro. A) Coordenadas: N= 1.376.118,147 m, E= 850.822,527 m. B) Coordenadas: N= 1.393.619 m, E= 842.903 m. C) Coordenadas: N= 1.395.330 m, E=847.154 m.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

De manera generalizada para la zona central predominan deslizamientos rotacionales que presentan una inclinación de la pendiente entre abrupta y muy escarpada, la longitud de la pendiente entre corta y moderada, con dimensiones que pueden llegar a sobrepasar los 500 m. Las litologías que aparecen en este sector son variadas: Formación León, Formación Carbonera, Grupo Guayabo y Cuaternarios. Todos los movimientos son activos y de edad reciente, se presenta una alta estabilización sobre la vía que conduce al corregimiento de San Faustino con gaviones, pero en muchos tramos de la vía, la minería y el mismo trazo de la carretera han hecho que estos se vallan rompiendo y a su vez generen desprendimientos de roca

1.1.2.9.4.2 Zona sur

Gráfica 143. Deslizamientos rotacionales en la zona Sur. A) Estación LDM09, Coordenadas: N= 1.374.719, 787 m, E= 842.390, 592 m. B) Estación LEDM12, coordenadas: N= 1.374.726, 905 m, E= 842.999, 946 m. C) Estación LEDM14, coordenadas: N= 1.373.989, 220 m, E= 848.985, 205 m. D) Estación LDM11, coordenadas: N= 1.373.007, 069 m, E= 847.755, 038 m. E) Estación LEDM15, coordenadas: N= 1.388.652, 096 m, E= 856.955, 174 m

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

En la zona sur se pueden encontrar deslizamientos rotacionales que tienen variación de la inclinación de la pendiente entre inclinada a muy abrupta, predominan las longitudes cortas, con dimensiones de 100m. aproximadamente. Las litologías presentes son: la Formación León, Formación Carbonera, depósitos de ladera, con movimientos activos y recientes. En esta zona se ubica el deslizamiento más grande registrado en la vía El Pórtico- San Pedro, con una extensión de aproximadamente 1Km (Gráfica 144).

Gráfica 144. Deslizamiento rotacional reportado en San Pedro. a y b) Estación LED10, coordenadas: N=1.356.795, 083 m, E= 840.493, 189 m. c y d) Estación LED09, coordenadas: N= 1.357.087, 808 m, E= 840.494, 195 m

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

El movimiento en masa se clasifica como deslizamiento rotacional, este se encuentra activo intermitente, de edad reciente, desplazamiento moderado y velocidad de movimiento es rápido. Los elementos geomorfológicos visibles son: la cabeza en la que se observa el escarpe principal,

corona y fisuras de coronación; el cuerpo donde se observan fisuras longitudinales, flanco derecho, flanco izquierdo y depresión; y por último el pie del que se observan protuberancias y en el frente abombamiento. El deslizamiento presenta unas dimensiones de 1km de ancho y 500m de altura con un desplazamiento máximo de 180m y un espesor máximo de 200m. Por otra parte, la forma de ocurrencia de este evento es en enjambre. El avance de este material desplazado es de tipo progresivo, se compone por suelo, en la matriz de este material se identifica arcilla, limos, arenas y gravas, con forma de cono de geometría irregular, en la posición del plano de falla se puede observar que afecta el suelo residual. El suelo es utilizado en la parte baja para fines urbanos, está siendo afectado por la erosión laminar, surcos, cárcavas y hondonadas de intensidad alta. En la época del 2011 el deslizamiento destruyo el puente y algunas casas e inundo el casco urbano de San Pedro, cuando hay precipitación intensa la vía es intransitable por la escorrentía.

1.1.2.9.4.2.1Caídas

Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla (Cruden & Varnes, 1966). El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996).

1.1.2.9.4.2.2Caída de detritos

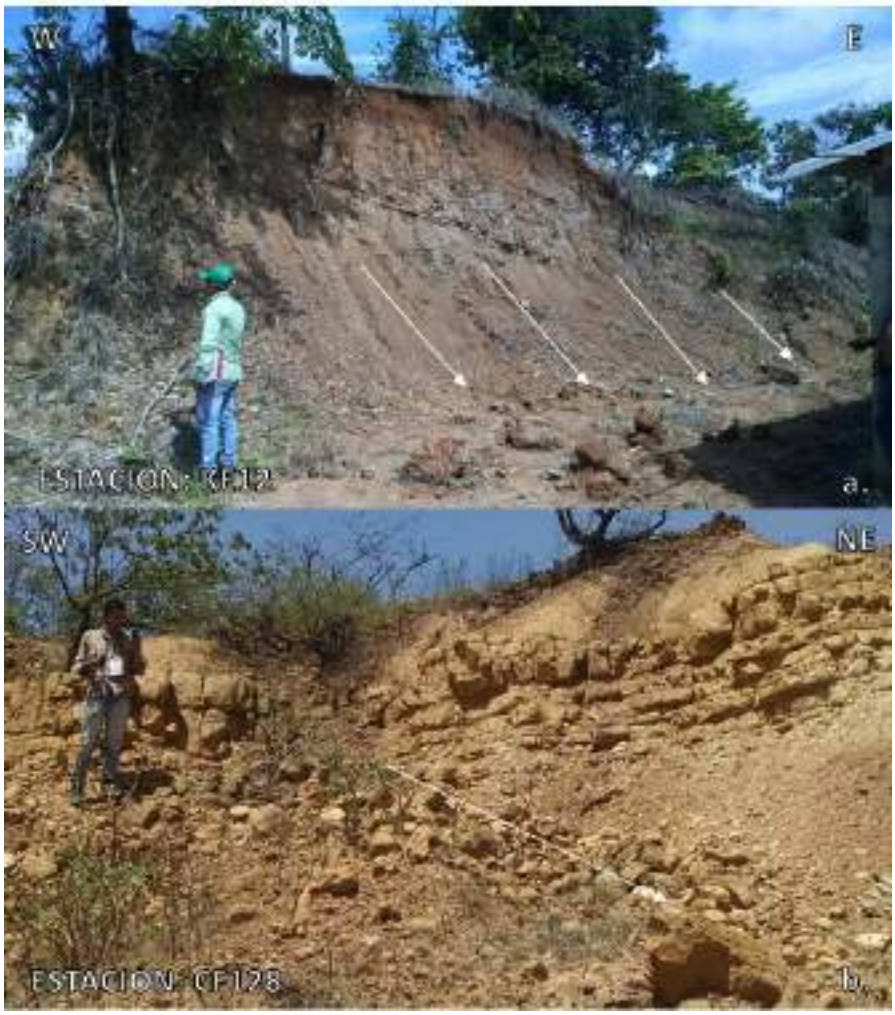
Este tipo de caída se refiere al desprendimiento de material detrítico, el cual es sedimento no consolidado, proveniente de litologías como la Formación Catatumbo, Formación Carbonera, Grupo Guayabo y depósitos de ladera. Las caídas de detritos fueron identificadas en la extensión de toda el área de trabajo. Con una prolongación de hasta 500m. El avance del material desplazado es de tipo progresivo, la inclinación de las pendientes de manera general va de muy abrupta a muy escarpada, la longitud de la pendiente de muy corta a moderada. Se dan sobre la vía que conduce de Cúcuta a San Faustino, al corregimiento de Agua Clara y también en cercanías a ríos de la zona (Gráfica 145).

1.1.2.9.4.2.3Flujos

Los flujos son un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). En la zona de estudio se identificaron hacia el centro, asociado a materiales provenientes de la Formación Carbonera, el Grupo Guayabo y los depósitos de ladera; donde factores como la pendiente inclinada a muy inclinada, suelos descubierto, la actividad erosiva de surcos y cárcavas, favorecen este tipo de movimiento.

Cabe resaltar que muchos de estos procesos se presentan de manera local y a la escala de trabajo no son cartografiables; sin embargo, se anexan dentro del catálogo de inventario de movimientos en masa.

Gráfica 145. Procesos de caídas de detritos en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta. A) Estación KE12, coordenadas: N= 844.747,770 m, E= 1.416.789, 874 m. B) Estación CF128, coordenadas: N= 1.368.600 m, E= 835.340 m.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.2.9.4.2.4Reptaciones

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla planar. Estos se observaron asociados a pendientes muy inclinadas, en superficies inestables, las cuales corresponden a depósitos de ladera o antiguos deslizamientos que se encuentran durmientes a causa de la saturación del suelo, a la sobrecarga por la cobertura vegetal y escombros. Presentan desplazamientos leves a lo largo de una pendiente que varía de muy corta a corta (0-250m). Las reptaciones se definieron en la zona centro asociados a la Formación Aguardiente, Formación Carbonera, Grupo Guayabo y depósitos de ladera (Gráfica 146).

Gráfica 146. Reptaciones observadas en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta. A) Estación KE4.1, coordenadas: N= 1.400.425, 474m, E= 837.954, 016 m. B) Estación LDC02, coordenadas: N= 1.381.407, 826 m, E= 855.679, 555 m.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Estos movimientos en masa se clasifican como reptación, se encuentran activos progresivos de edad reciente y el desplazamiento y la velocidad de movimiento es lento. El deslizamiento se da en la ladera baja. Presentan extensiones de hasta 170m y se componen por suelo residual y restos vegetales. En la matriz de este material se identifican arcillas y limos, la forma del depósito es en lóbulos, con geometría elongada, pendiente inclinada a abrupta y una longitud de la pendiente muy corta; el suelo está cubierto por bosques y suelos desnudos, el uso del suelo es forestal y está siendo afectado por erosión de tipo laminar de intensidad moderada.

1.1.2.9.4.2.5Movimientos complejos

Cuando se presentan diferentes tipos de mecanismos de ruptura o de falla y la combinación de dos o más movimientos en masa, estamos ante un movimiento complejo o mixto. Generalmente se asocian procesos de reptaciones, con procesos de caídas (Gráfica 147.)

Gráfica 147. Movimientos complejos de la zona rural del municipio de San José de Cúcuta. A) Estación LEDM08, coordenadas: N= 1.390.046, 620 m, E= 847.620, 135 m. B) Estación AFK4.4, coordenadas: N= 1.389.730 m, E= 839.618 m. C) Estación LEDM15, coordenadas: N= 1.368.931 m, E= 833.962 m.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Estos tipos de movimientos muestran deslizamientos traslacionales con caída de detritos, deslizamientos rotacionales con caída de detritos y caída de bloques junto con caída de detritos, se encuentran activos intermitentes, con velocidad de desplazamiento muy rápida. La posición donde ocurrieron estos eventos es en la ladera superior y ladera baja de la geoforma. La forma de

ocurrencia es compuesta de edad reciente. Los factores detonantes para generar estos movimientos en masa son: la lluvia, sismos y otros movimientos en masa. Así mismo, el material dominante en el área corresponde a movimientos de laderas y terrazas aluviales. La forma de las pendientes es irregular con una inclinación muy escarpada y longitudes cortas, la cobertura de esta área está dada por bosques, arbustos y pastos, donde el uso del suelo húmedo es forestal y urbano. Los cuerpos de agua presente son antrópicos denominados acequias, la erosión se da en surcos y laminar con una intensidad moderada.

1.1.2.9.5 Erosión hídrica

La erosión del suelo se manifiesta físicamente por la actividad del agua por medio de tres fases: el arranque de partículas de sedimentos, el transporte de las mismas y finalmente su depositación. En el municipio de San José de Cúcuta se puede evidenciar el predominio de la erosión superficial por escurrimiento, dando inicio a procesos denudacionales en el terreno; sin embargo, los surcos y las cárcavas se acentúan más en los suelos expuestos originados por los movimientos en masa y los suelos transportados de terrazas altas.

Durante la fase de campo realizada en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta, se evidencio alta susceptibilidad a estos procesos erosivos (erosión por escurrimiento, laminar, surcos y cárcavas) sobre los niveles lodosos del Grupo Guayabo, Formación León, Formación Carbonera, Cuaternario y los depósitos de ladera encontrados a lo largo de toda la zona de estudio.

Se define entonces que todos los procesos erosivos presentes en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta tienen origen principalmente hídrico, y de manera resumida son debidos a escurrimientos superficiales; es por lo que con el objetivo de tener más claridad en la percepción de los tipos de erosión propuestos por (Van Zuidam, 1996), se realiza el siguiente paralelo:

Tabla 10. Comparación de las clasificaciones para los tipos de erosión de Van Zuidam e IDEAM.

Procesos Erosivo Según IDEAM, 1998	Procesos Erosivos Según Van Zuidam, 1996
Escurrimiento superficial difuso leve, o disección incipiente y truncamiento de suelos.	Laminar
Escurrimiento superficial difuso y concentrado o disección moderada.	Surcos
Escurrimiento superficial concentrado o disección profunda.	Cárcavas

Fuente: Van Zuidam, 1996, IDEAM, 1998.

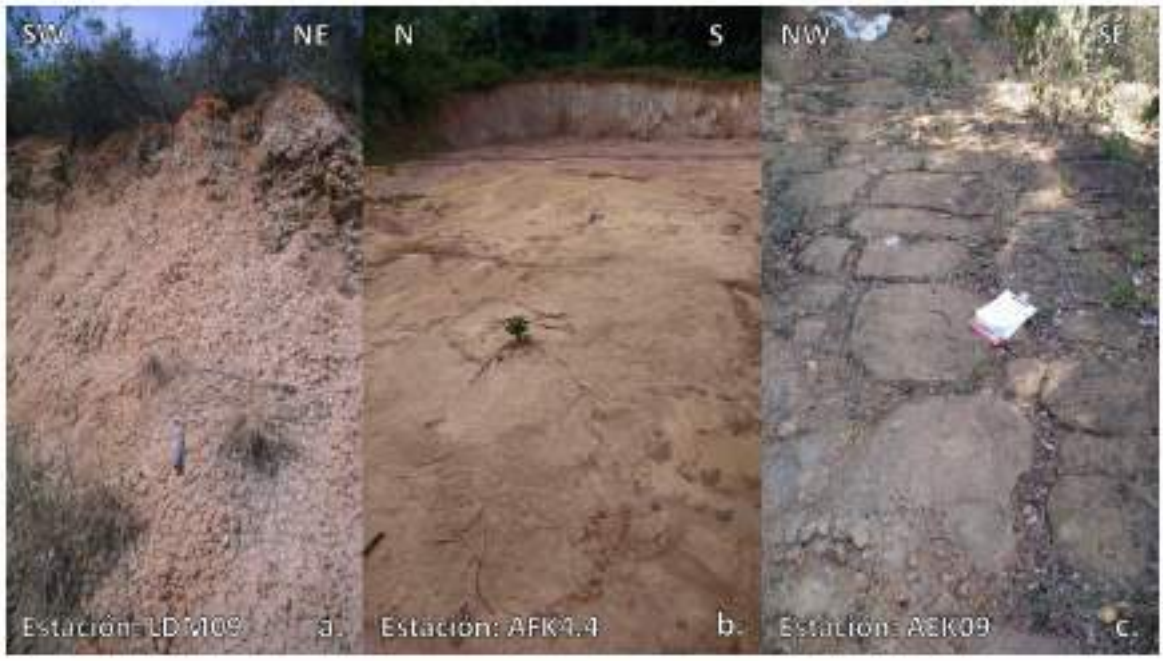
1.1.2.9.5.1 Erosión Laminar (Escurrimiento superficial difuso leve o disección incipiente y truncamiento de suelos)

Este tipo de erosión es muy frecuente sobre el suelo residual de los niveles de intercalaciones del Grupo Guayabo, Formación León, los suelos transportados de las terrazas aluviales y los depósitos de ladera. Se caracteriza por presentar desprendimiento de granos o partículas de sedimento, que

fluyen de aguas superficiales, ocasionando procesos denudativos sobre la superficie del terreno. El impacto generado por este tipo de proceso, en la estabilidad del terreno, es inferior a comparación con el generado por los movimientos en masa; en este tipo de erosión el grado de erosión es moderado dado que el espaciamiento entre canales está dentro del rango de 5 a 15 m.

A pesar de que la erosión laminar de Van Zuidam, se relacionó con la Erosión Superficial difusa leve o disección incipiente y truncamiento de suelos del IDEAM, es importante mencionar que la Erosión laminar es más común en zonas de pendientes medianamente suaves o no tan inclinadas, y por ello el grado de erosión es ligeramente inferior en comparación con los procesos erosivos según el IDEAM 1998, el cual predomina en zonas con cierto grado de inclinación que facilite el escurrimiento de las aguas.

Gráfica 148. Erosión laminar en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta a) Lodolitas de la Formación León b) Cuaternario c) Niveles areno-lodosos del Grupo Guayabo. A) Estación LDM09, coordenadas: N= 1.374.719, 787 m, E= 849.390 m. B) Estación AFK4.4, coordenadas N= 1.389.730 m, E= 839.618 m. C) Estación AEK09, coordenadas N= 1.385.388, 509 m, E= 842.453, 505 m.



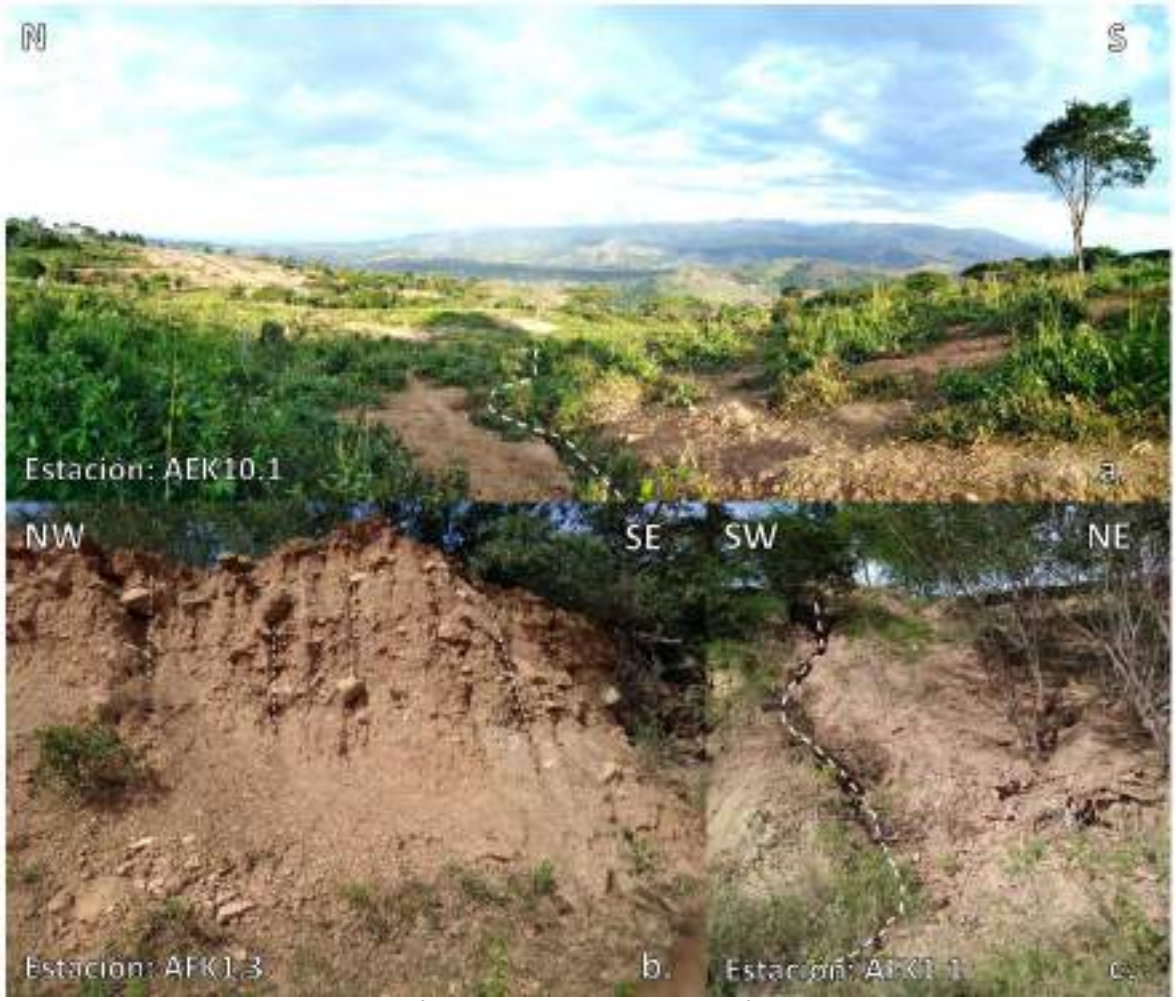
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.2.9.5.2 Erosión en Surcos (Escurrimiento Superficial difuso y concentrado o disección moderada).

Este tipo de erosión se presenta en los niveles lodosos del Grupo Guayabo, los suelos transportados de terraza aluvial y los depósitos de laderas. Generalmente esta clase de erosión se caracteriza por presentar canales que no superan los 15 cm de profundidad originados por la

acción del agua de escorrentía en la superficie del terreno. El impacto a la estabilidad del terreno, generado por este tipo de erosión en surcos es severo (Gráfica 149).

Gráfica 149. Erosión en surcos en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta a) sobre Grupo Guayabo, b) Depósito de terraza, c) Grupo Guayabo. A) Estación AEK10.1, Coordenadas: N= 1.385.574 m, E= 842.520 m. B) Estación AFK1.3, coordenadas: N= 7.94468, E= -72.582430. C) Estación AFK1.1, coordenadas: N= 1.370.022 m, E= 834.707 m.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

1.1.2.9.5.3 Erosión en cárcavas (Escurrimiento superficial concentrado o disección profunda.).

Este tipo de erosión en cárcavas se puede evidenciar principalmente sobre el Grupo Guayabo donde predominan materiales blandos sobre las areniscas, altamente susceptibles a la erosión. También se presenta sobre la Formación Carbonera y Terrazas aluviales. Este tipo de erosión se caracteriza por mostrar canales que superan los 50 cm de profundidad, originadas por la

escorrentía de agua superficial, lo cual produce desestabilidad en el terreno, hasta el punto de ocasionar procesos de movimientos en masa.

Gráfica 150. Erosión en Cárcavas en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta a) Niveles de Intercalaciones del Grupo Guayabo b) Grupo Guayabo donde predominan lodos c) terrazas aluviales d) Grupo Guayabo donde predominan lodolitas. A) Estación AFK01, coordenadas: N= 1.369.896 m, E= 834.716 m. B) Estación AEK04, coordenadas: N= 1.375.652 m, E= 840.172 m. C) Estación AFK05, coordenadas: N= 1.340.352 m, E= 840.296 m

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

Por último, se resalta que la presencia de este tipo proceso, favorece a la generación de movimientos en masa como caídas (hacia las márgenes de las cárcavas), deslizamientos (sobre las crestas) y flujos a lo largo de las cavidades.

1.1.2.9.6 Erosión fluvial

Es la erosión que se presenta en los cursos de agua. La fuerza tractiva del agua vence la resistencia de los materiales, produciendo procesos de socavación lateral y de fondo. Los procesos movilizan arcillas, limos y otros materiales como arenas, gravas, cantos y bloques; en forma de acarreo y disolución, suspensión y acarreo de fondo. Los volúmenes movilizados por erosión fluvial son altos, en cauces erosionados.

1.1.2.9.6.1 Socavación lateral y de fondo

Se trata de erosión producida por el agua encauzada, debido a su circulación por drenajes naturales de quebradas y ríos. Consiste en la movilización y el desalojo de suelo del canal, la erosión lateral y la socavación en el fondo (Gráfica 151). Es una erosión lineal, moderada por la erosión hacia la cabecera, o erosión regresiva. En corrientes juveniles que drenan terrenos generalmente muy pendientes, y a lo largo de arroyos y torrentes, predomina la erosión de fondo sobre la erosión lateral, mientras que en corrientes maduras o de orden alto, es más importante la erosión lateral (tomado de: Escobar Potes, C. E., & Duque Escobar, G. Geotecnia para el trópico andino).

Gráfica 151. Erosión lateral del Río Zulia hacia Restauración Estación AEK17 a la 20, coordenadas: N= 1.405.095, 876 m, E= 845.127, 530 m.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017.

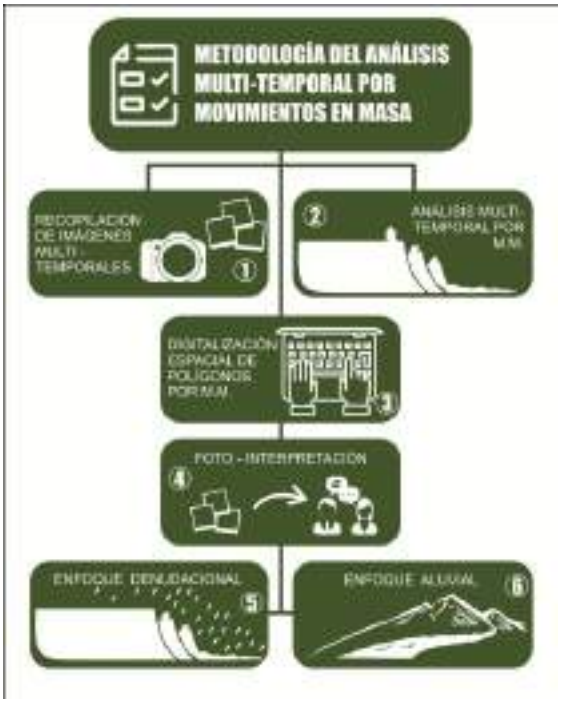
En esta área se presenta riesgo por inundación y socavación lateral fuerte por parte del río Zulia donde se observa claramente el cuello y lóbulo del meandro. Durante el año 2010 la ola invernal,

llevó a que el río arrastrara la vía que conduce de Floresta a Restauración y causó inundaciones. La población aledaña a esta zona ha tenido pérdidas materiales como: cultivos, tierras, casas y algunos animales. Actualmente esta sección del río se encuentra socavando a pesar de que en el 2011 aplicaron una obra de mitigación en 5 puntos dejando cierta cantidad de estrellas de concretos al margen del meandro (llanura de inundación); pero la comunidad informa que cuando el río aumenta su caudal por temporada de lluvias, se obstruye el paso del caudal generando remolinos fuertes que aceleran la socavación. El material presente en la llanura de inundación de base a techo son niveles de limos, arenas y material de tamaños cantos a guijos redondeados. (Gráfica 151)

1.1.2.9.7 Análisis multi-temporal por Movimientos en Masa

Para la realización de análisis multitemporal se procedió a recopilar imágenes satelitales disponibles en el software Google Earth Pro versión 7.1.5.1557 y posteriormente en el mismo software se efectuó la fotointerpretación. La Plataforma mencionada presta servicio al acceso de imágenes satelitales de diversas fuentes con resolución espacial y temporal variadas. El análisis multi-temporal por Movimientos en Masa comprende de dos enfoques: el denudacional que busca determinar el comportamiento de la cobertura vegetal a través del tiempo y el aluvial que observa el comportamiento incisivo de los afluentes; la metodología de este análisis se expone en la Gráfica 152 que se encuentra descrita por la zonificación previamente establecida.

Gráfica 152. Metodología del análisis multi-temporal por Movimientos en Masa



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Las imágenes empleadas (Tabla 11) las imágenes comparativas del terreno para los años 1969 y 2016 respectivamente (Gráfica 153, Gráfica 154 y Gráfica 155), evaluando un periodo de cuarenta y ocho (48) años; para la Zona 3, se empleará una imagen del 2017 de mayor detalle (Gráfica 20). A continuación, se muestran las imágenes referenciadas:

Tabla 11. Imágenes satelitales empleadas en el análisis multitemporal

Fuente	Resolución temporal	Resolución espacial
Imagen U.S. Geological Survey – USGS	1969	No se conoce
Imagen Landsat 8	2017	30m
Imagen Digital Globe	2017	15m

Fuente: Elaborado a partir de información tomada de Google Earth (2017)

1.1.2.9.7.1 Zona Norte

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentra limitado el municipio de San osé de Cúcuta (polígono de color rojo oscuro) y el recuadro amarillo discontinuo limita expresamente la zona que corresponde, para este caso, la zona norte. La imagen del año 1969 consta al noroeste de un sector de altas pendientes y comprenden de una cobertura vegetal más densa; además, se encuentra una pequeña área elevada al este del corregimiento de Agua Clara cubierta del mismo tipo de vegetación. La imagen de 2016 contrasta la anterior por evidenciarse una pérdida considerable de la cobertura vegetal: esto se puede observar en los polígonos de color azul ubicados al noroeste del centro poblado de La Punta y al este del corregimiento Palmarito, igualmente, se aprecia al oeste del corregimiento de Agua Clara. Esto indica que los procesos erosivos están afectando considerablemente la Zona Norte, sin embargo, no se evidencia movimientos en masa apreciables a la escala de análisis.

El sector central y este consta principalmente de áreas de bajas pendientes empleadas en el desarrollo de la agricultura, dichas áreas son recorrida por un tramo del río Zulia en dirección suroeste-noroeste, cuyo cauce rodea generalmente áreas de cultivo. Al este de Zona Norte el río Pamplonita, fluye en dirección norte-sur hasta confluir con el río Zulia. En ambos ríos se evidencia un cauce poco móvil, sin cambios significativos en el trazado, además no se aprecian procesos erosivos de socavamiento lateral de acuerdo con la escala de análisis.

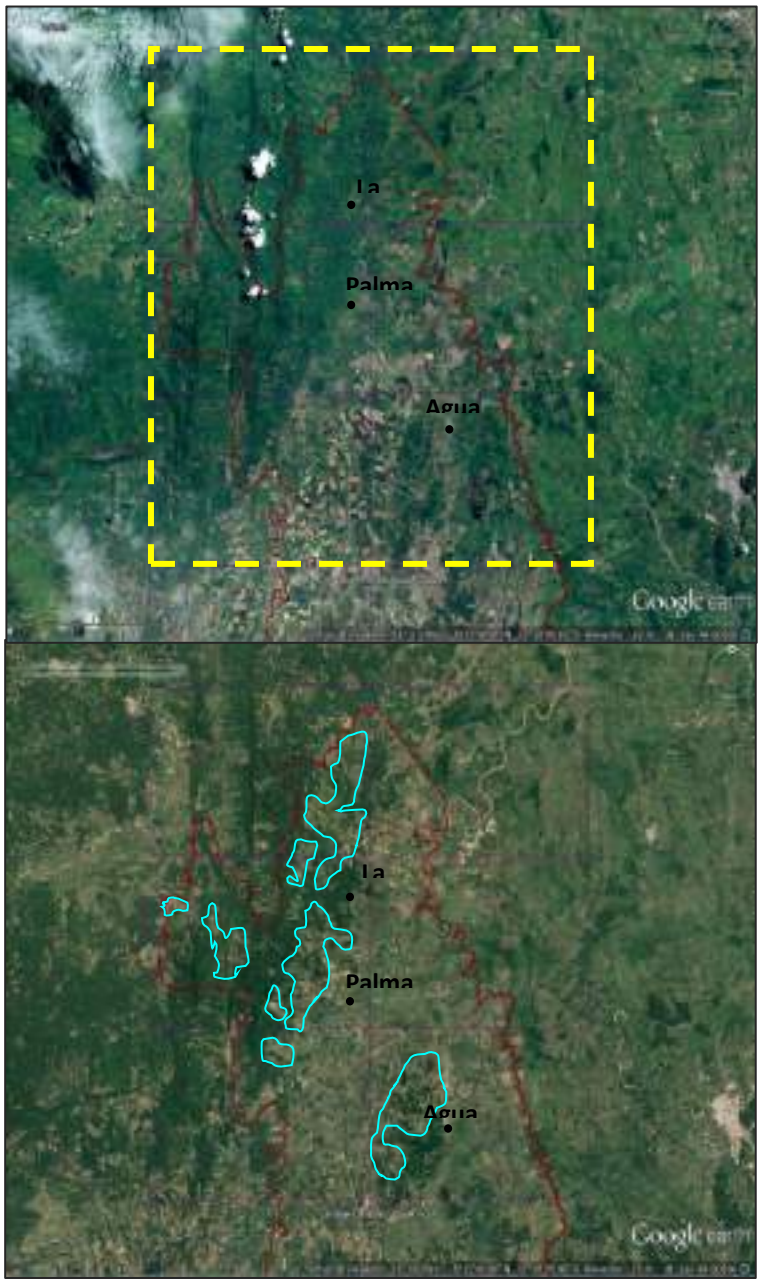
1.1.2.9.7.2 Zona Centro

En La Gráfica 154 la Zona Centro corresponde al área entre el polígono del municipio de San José de Cúcuta (polígono de color rojo oscuro) y el cuadrado amarillo discontinuo. La imagen de 1986 se caracteriza por exponer una superficie en su mayoría descubierta de cobertura vegetal al este y oeste de la Serranía Santa Helena y al este del Cerro Tasajero, dicha superficie describe algunos polígonos formado por líneas rectas con tonalidades de diversos de color verdes y café definidos, que podrían identificarse como cultivos. Para el año 2016 la imagen satelital muestras una

superficie al parecer con mayor cobertura, describiendo polígonos de líneas rectas que probablemente muestran una etapa madura de los cultivos; los polígonos color azul de la imagen referenciada cercanos al Cerro Tasajero muestra superficies que perdieron su cobertura vegetal pero no están relacionadas a cultivos, probablemente se atribuya a la actividad minera. No se observaron movimientos en masa cartografiables a la escala de análisis y los procesos erosivos podrían estar relacionados al ejercicio de la actividad minera.

Al este del límite de la Zona Centro se encuentra el río Zulia y al oeste del Cerro Tasajero se sitúa el río Pamplonita, estos ríos fluyen en dirección sur-norte y en el trayecto donde las pendientes son planas describen una trayectoria meándrica que discurre generalmente en áreas de cultivos. Los cauces de estos ríos son meándricos y su dinámica es apreciable para el periodo analizado (1969-2016), donde el cauce en su proceso de sedimentación interna en los meandros ha hecho aumentar su curvatura y posteriormente induce el corte de algunos meandros, dando origen a meandros abandonado cuyos terrenos son empleados posteriormente a la práctica de cultivo; con el paso del tiempo. Los tramos de estos ríos que recorren pendientes planas han socavado lateralmente afectando algunas áreas de cultivos situados junto al cauce.

Gráfica 153: Análisis multi-temporal de la Zona 2



Fuente: Tomado de Google Earth y modificado por la UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

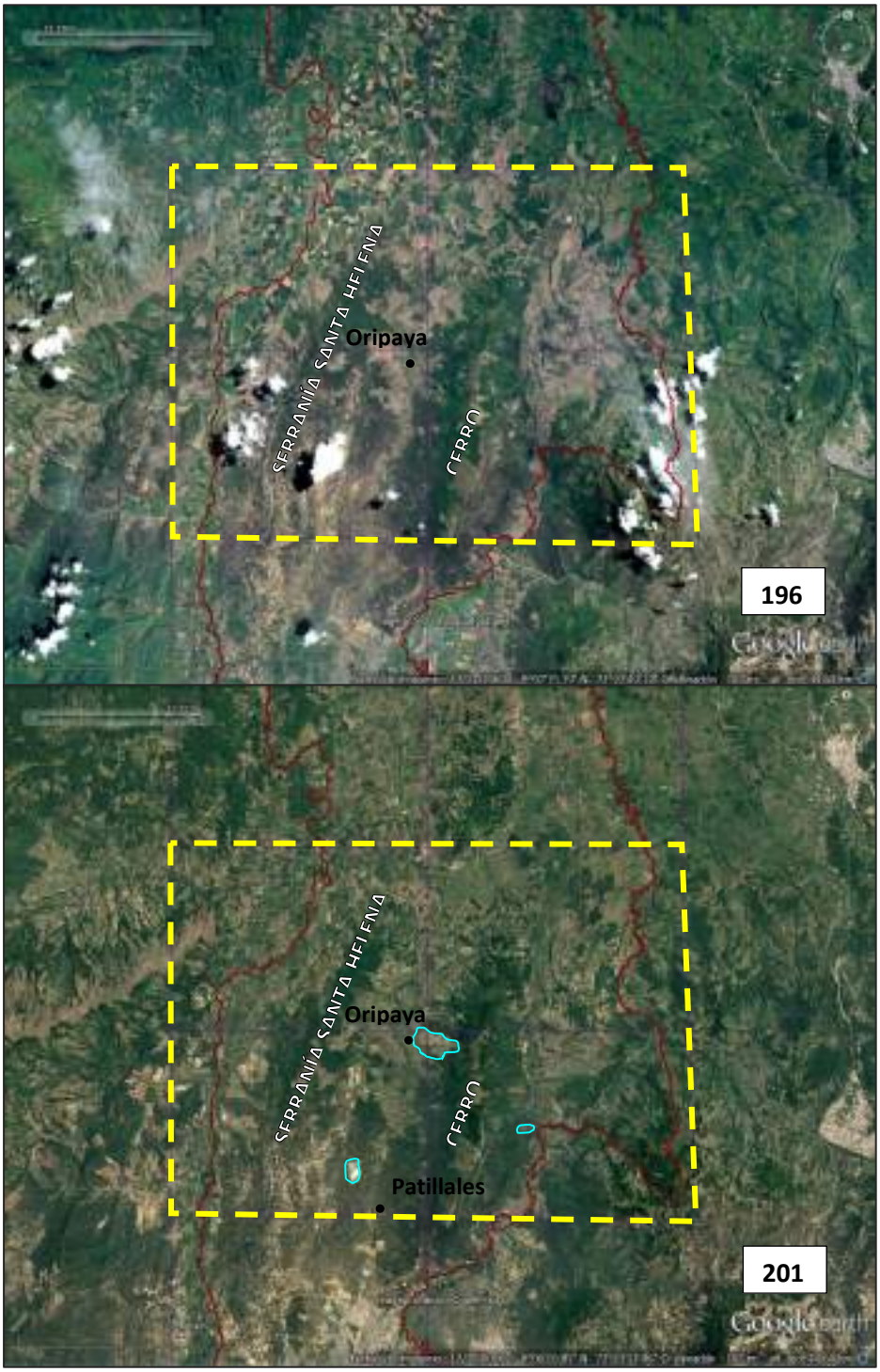
1.1.2.9.7.3 Zona Sur

En la Gráfica 155 la Zona Sur se identifica como la intersección entre el polígono del municipio de San José de Cúcuta (color rojo oscuro) y el área limitada en el recuadro amarillo discontinuo. En la imagen satelital de 1969 se observa que el área circundante del casco urbano aún presenta cobertura vegetal, hacia el noreste del casco urbano se encuentra un área elevada y ausente cobertura vegetal y hacia el sur del mismo presenta una mejor cobertura vegetal, salvo las zonas de pendiente del Cerro el Magro que su vez exponen pequeños sectores descubiertos que

corresponden a cultivos. Para el año 2016 la imagen exhibe una erosión más acentuada a nivel general en las áreas situadas al noreste y circundantes al casco urbano, este último se debe a la expansión urbana; hacia el sur del casco urbano se observa una amplia cobertura vegetal salvo las zonas de pendiente del Cerro el Magro, también, se encuentras pequeñas áreas descubiertas que corresponden a cultivos. No se evidencian movimientos en masa apreciables a la escala de análisis.

Los polígonos de color azul de la Zona Sur corresponden a lo siguiente: el primero se encuentra al norte del casco urbano del municipio de Cúcuta, de limites regulares, al parecer corresponde a un área proyectada a urbanización y el segundo polígono ubicado al suroeste del corregimiento de Urimaco presenta erosión derivada de la actividad minera. El tercer polígono de la Gráfica 155 situado al este del corregimiento del Carmen de Tonchalá, probablemente está sometido a proceso erosivo producto de la incisión de un afluente.

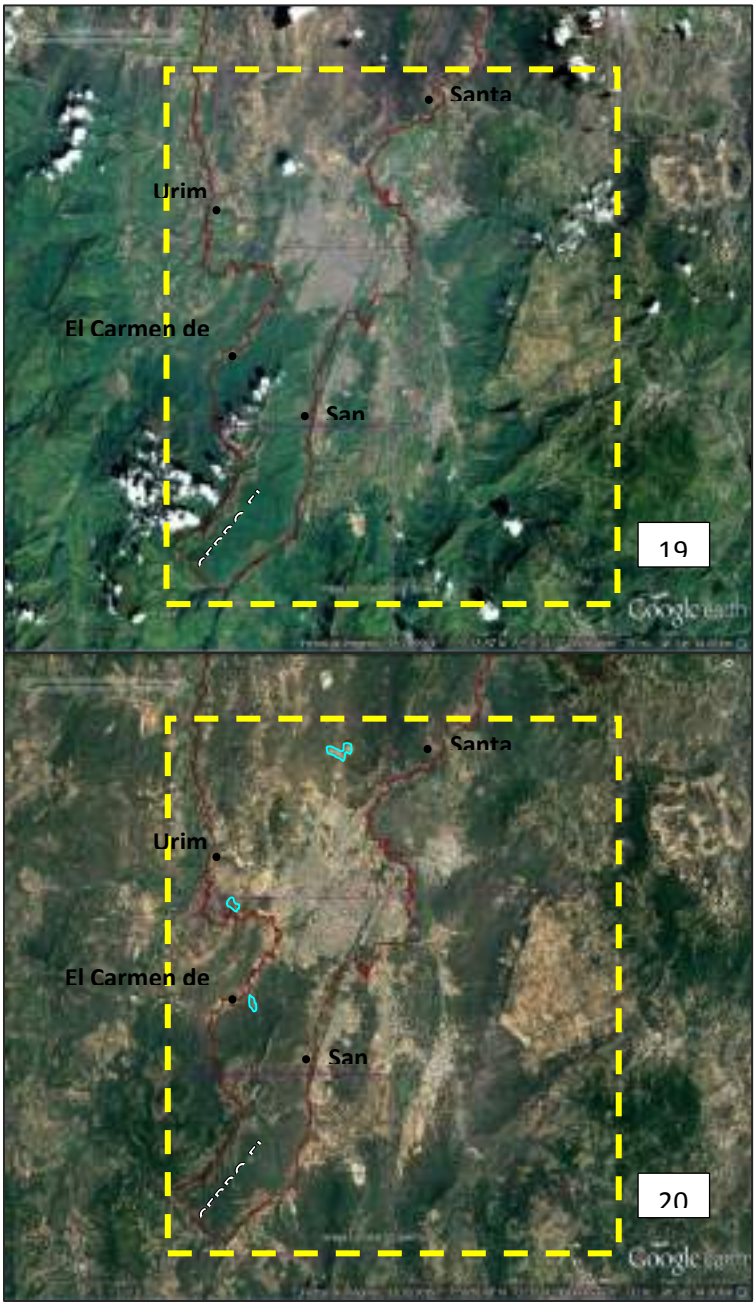
El río Zulia rodea parte del límite oeste de la Zona Sur, fluyendo de sur a norte y pasando por los corregimientos del Carmen de Tonchalá y Urimaco; su trayectoria es meándrica y la movilidad de su cauce es considerable para el periodo evaluado (1969-2016), mostrado algunas evidencias de meandros abandonados, podría socavar el corregimiento del Carmen de Tonchalá que es el más próximo al borde del cauce y los barrios Progreso, Antonia Santos, Nuevo Horizonte, Betancourt y Belén del casco urbano del municipio de Cúcuta. El río Pamplonita bordea en su mayoría el límite este de la Zona Sur, discurriendo de norte a sur y pasando por los corregimiento de San Pedro y El Pórtico, además, que atraviesa casco urbano de Cúcuta; al igual que el río Zulia su trayectoria es meándrica y su cauce es móvil (Gráfica 156). Existen registros que el río Pamplonita ha afectado la infraestructura urbana por socavación lateral pero no se observa para el área rural.



Gráfica 154. Análisis multi-temporal de la Zona 2

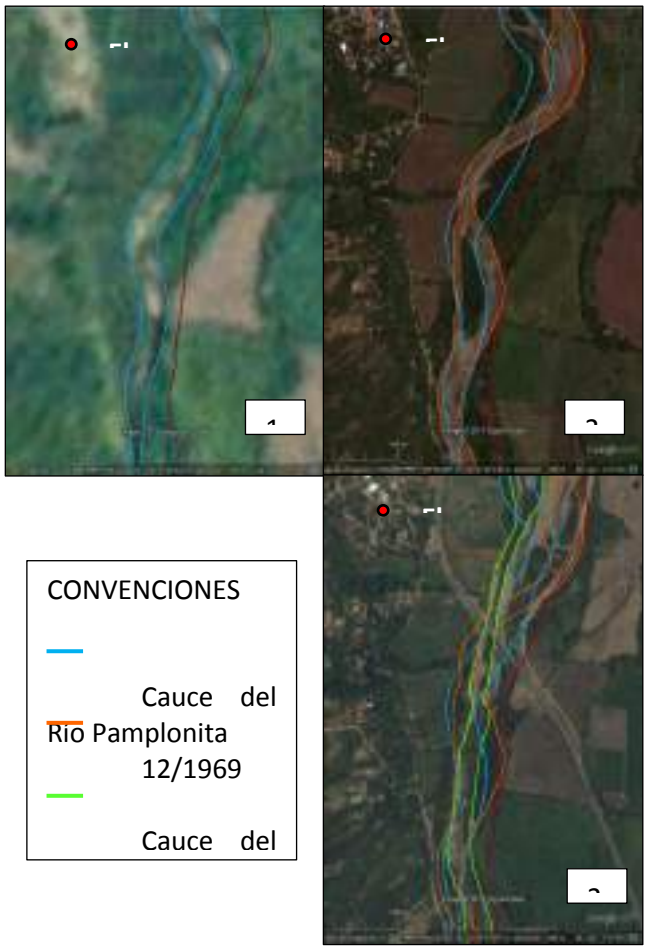
Fuente: Tomado de Google Earth y modificado por la UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Gráfica 155. Análisis multi-temporal de la Zona 3



Fuente: Tomado de Google Earth por UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Gráfica 156. Movilidad del cauce del río Pamplonita junto al corregimiento El Pórtico



Fuente: Tomado de Google Earth y modificado por la UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.10 Susceptibilidad por remoción en masa.

En el contexto del presente informe se entiende por "susceptibilidad de fenómenos de remoción en masa" de una unidad de terreno, la predisposición o potencialidad que dicha unidad tiene para que al interior de ella se presenten fenómenos de remoción en masa de ciertas características en cuanto al tipo y tamaño, bajo la influencia de agentes tales como altas precipitaciones, cortes naturales o artificiales y sismos. Los mapas de susceptibilidad buscan delimitar las áreas donde existe una mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, sin indicar de manera clara cuando pueden éstos ocurrir. En ese sentido el concepto de susceptibilidad se diferencia del concepto de amenaza, por cuanto este último implica determinar la probabilidad de ocurrencia en términos de tiempo, lugar y magnitud.

1.1.2.10.1 Metodología para el análisis de susceptibilidad.

Existen diversos métodos de evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos a través de SIG. Soeters y van Westen (1996), Aleotti y Chowdhury (1999) y Guzzetti et al. (1999), entre otros autores, proporcionan una amplia visión de los más utilizados, entre los que se incluyen principalmente los estadísticos, determinísticos, de indexación y de evaluación directa de la susceptibilidad. La aplicabilidad de cada método a una zona determinada depende sobre todo de las características y extensión de dicha zona, del tipo y extensión de los deslizamientos existentes, de los datos geotécnicos e hidrogeológicos disponibles y de la escala de trabajo.

Para el caso del área rural del municipio de Cúcuta, no se dispone de suficientes datos que permitan el uso de métodos determinísticos. El empleo de métodos tanto de evaluación directa de la susceptibilidad, como de evaluación indirecta mediante el uso de índices implica generalmente una gran subjetividad, por lo que los criterios de evaluación son difícilmente extrapolables a otras zonas. Una aplicación más adecuada de los métodos de evaluación indirecta requiere la utilización de algún procedimiento que disminuya la subjetividad en la asignación de pesos o que normalice analíticamente el criterio con el que éstos se asignan a los diferentes factores condicionantes de deslizamientos considerados. El método que se presenta en este informe pertenece a esta última categoría. En éste, se integran en un SIG diversos factores condicionantes de la inestabilidad de laderas, algunos de ellos obtenidos por medio del Modelo Digital de Elevaciones (DEM de 12,5 cpp), y se evalúa la susceptibilidad de remoción en masa en general mediante técnicas de evaluación multicriterio.

El método empleado para la evaluación de la susceptibilidad requiere en primer lugar la creación de la base de datos mediante la elección y cartografía de los factores del terreno condicionantes de la inestabilidad. Para ello, se utilizan técnicas tradicionales, como la fotointerpretación y el reconocimiento directo de campo Estos factores, una vez homogeneizados en cuanto a contenido, escala y formato gráfico, se integran en un SIG. A continuación, se subdivide cada factor en clases, a las que asignan pesos en función de su influencia relativa en la inestabilidad. Posteriormente se determina analíticamente el peso relativo de cada factor con respecto a los demás, usando para ello el método de evaluación multicriterio de las jerarquías analíticas (Saaty, 1980, 1994; Eastman et al., 1995). Éste utiliza una estructura jerarquizada de criterios (Tabla 12) (los factores del terreno en nuestro caso) junto con la comparación de criterios por parejas para establecer sus pesos (Tabla 13). Con este método se crea primero una matriz cuadrada, en la que el número de filas y columnas viene definido en nuestro caso por el número de factores de inestabilidad. A cada elemento de la matriz se le asigna un valor que representa la importancia relativa del factor de su fila con respecto al de su columna en cuanto a posible inestabilidad. El autovector principal de la matriz, que representa el orden de prioridad de los factores, determina entonces los pesos de éstos, mientras que a partir del autovalor máximo se puede obtener una medida cuantitativa de la consistencia de los valores asignados en la comparación entre pares de factores, como es la razón de consistencia (consistency ratio o CR). Valores de CR inferiores a 0,10 indican que los valores asignados son satisfactorios. En el caso de que CR fuera igual o superior a 0,10, éstos deberán ser evaluados nuevamente (Tabla 14).

Una vez obtenidos los pesos de los factores, se obtiene finalmente un índice de susceptibilidad a los deslizamientos mediante la suma lineal ponderada (Voogd, 1983) de pesos de factores y clases,

según la expresión:

$$I = \sum_{j=1}^{n} w_j x_{ij}$$

siendo I el índice de susceptibilidad, wj el peso del factor j, y xij el peso de la clase i del factor j. Finalmente se clasifican los índices en unos pocos intervalos iguales de susceptibilidad, más estandarizados y de interpretación intuitiva. **El procedimiento de las jerarquías analíticas** da mayor preponderancia al peso establecido en los criterios sobre los valores asignados a las alternativas en el proceso de toma de decisiones (Barredo, 1996). Esto significa, en nuestro caso, que el índice de susceptibilidad obtenido depende fundamentalmente del peso asignado a los factores (evaluado mediante la razón de consistencia), y en menor medida, de la asignación de pesos a cada clase dentro de un factor, por lo que la subjetividad y ausencia de control inherentes a este último proceso no influye sobremanera en el cálculo del índice final.

Tabla 12: Estructura jerarquizada de criterios y su comparación por parejas.

METODO DE JERARQUIAS ANALITICAS MATRIZ DE COMPARACION							
ATRIBUTO	PENDIENTE	COBERTURA	GEOMORFOLOGIA	UGS	CURVATURA	RUGOSIDAD	ORIENTACION
PENDIENTE	1.00	3.00	2.00	0.50	2	3	4
COBERTURA	0.33	1.00	0.67	1.00	1	1	2
GEOMORFOLOGIA	0.50	1.50	1.00	0.70	1	1	4
UGS	2.00	1.00	1.43	1.00	3	3	4
CURVATURA	0.50	1.00	1.00	0.33	1	2	4
RUGOSIDAD	0.33	1.00	1.00	0.33	0.5	1	4
ORIENTACION	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	1
SUMATORIA	4.92	9.00	7.35	4.12	8.75	11.25	23.00

Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017

Tabla 13: Generación de pesos para cada atributo.

MATRIZ DE NORMALIZACION								
ATRIBUTO	PENDIENTE	COBERTURA	GEOMORFOLOGIA	UGS	CURVATURA	RUGOSIDAD	ORIENTACION	PESO
PENDIENTE	0.20	0.33	0.27	0.12	0.23	0.27	0.17	0.23
COBERTURA	0.07	0.11	0.09	0.24	0.11	0.09	0.09	0.11
GEOMORFOLOGIA	0.10	0.17	0.14	0.17	0.11	0.09	0.17	0.14
UGS	0.41	0.11	0.19	0.24	0.34	0.27	0.17	0.25
CURVATURA	0.10	0.11	0.14	0.08	0.11	0.18	0.17	0.13
RUGOSIDAD	0.07	0.11	0.14	0.08	0.06	0.09	0.17	0.10
ORIENTACION	0.05	0.06	0.03	0.06	0.03	0.02	0.04	0.04
SUMATORIA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017

Tabla 14: Razón de consistencia para evaluar la matriz de comparación.

ESTIMACION DE RAZON DE CONSISTENCIA		
ATRIBUTO	PASO A	PASO B
PENDIENTE	1.700263697	7.440434524
LITOLOGIA	0.844545312	7.364771979
GEOMORFOLOGIA	0.995178232	7.320314087
UGS	1.873929249	7.54429332
CURVATURA	0.949045934	7.415275049
RUGOSIDAD	0.744686211	7.280789425
ORIENTACION	0.310322627	7.352637906
LANDA λ =	7.38835947	
CL =	0.064726578	
CR =	0.07191842	

Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017

1.1.2.10.2 Desarrollo de la metodología.

Para la evaluación de la susceptibilidad se interpretaron siete (7) factores determinantes, tres de ellos fueron obtenidos por fotointerpretación y visitas a terreno para generar los siguientes mapas: unidades de geología para ingeniería, geomorfológico y morfodinámico (inventario de procesos); mientras que los restantes cuatro fueron extraídos del modelo digital de elevación (MDE): pendientes, aspecto, rugosidad y curvatura. Los mapas obtenidos mediante fotointerpretación y reconocimiento en terreno ya fueron explicados detalladamente en capítulos anteriores

1.1.2.10.3 Mapas temáticos obtenidos del modelo digital de elevación (MDE)

La obtención de estos mapas se hizo con base en cálculos sobre el modelo digital de elevación del asentamiento Valles del Rodeo y que cuenta con una resolución de 0.1 m. Los cálculos se realizan con las herramientas *slope*, *aspect, roughness* y *curvature* del software del sistema de información geográfica (SIG)

1.1.2.10.3.1 Mapa de pendientes

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0 a 90. Es una variable cuantitativa continua que deriva del MDE y, por tanto, en SIG se representa como una malla regular de puntos flotantes. Para la zona de estudio se tomaron los rangos de pendientes que se muestran en la Tabla 15 (Mapa 6)

Tabla 15:: Rango de pendientes utilizado en el estudio.

Rango	Tipo
0º-5º	Plana a suavemente inclinada
5º-10º	Inclinada
10º-15º	Muy Inclinada
15º-20º	Abrupta
20º-30º	Muy Abrupta
30º-45º	Escarpada

Fuente: Tomada de (Carvajal, 2011)

La pendiente está relacionada con la aparición de fallas dado que es uno de los principales factores geométricos que se utilizan en los análisis de estabilidad. Esta variable se relaciona directamente con las tensiones de corte tangenciales y normales en la formación superficial e influye también en la distribución del agua en la ladera (Ingeominas, 2007)

1.1.2.10.3.2 Mapa de rugosidad

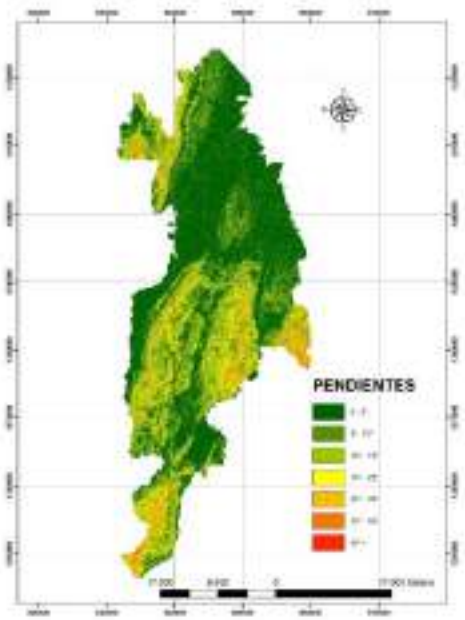
La rugosidad de un terreno se define como la variación de la pendiente en un área, y representa la desviación del vector normal a la superficie en cada celda. La rugosidad define bien las formas como los límites de taludes y laderas tanto en los valles como en las crestas (Felicisimo, 1992). Se relaciona con los movimientos en masa, de manera que las laderas de rugosidad alta son más propensas a presentar movimientos en masa debido a que los cambios sucesivos de pendientes favorecen una mayor infiltración del agua en el terreno y, por ende, aumenta la inestabilidad del mismo (Mapa 7).

1.1.2.10.3.3 Mapa de curvatura

La curvatura es la tasa de cambio de la pendiente. Para su cálculo, se ajusta el terreno a una superficie de segundo grado cuyos coeficientes se calculan sin dificultad a partir de los valores de los 8 vecinos más próximos. Valores positivos describen la curvatura cóncava, valores negativos la curvatura convexa (Mapa 8), valores cercanos a cero indican que la zona es plana o de pendiente rectilínea. En el terreno, la concavidad y convexidad pueden estar asociadas con acumulaciones de flujo y dispersión de materiales, por lo tanto, combinando los valores de ambas curvaturas se puede tener una idea de cómo se comporta el flujo. Estos parámetros también se pueden relacionar con patrones de vegetación, de erosión y otros procesos físicos similares.

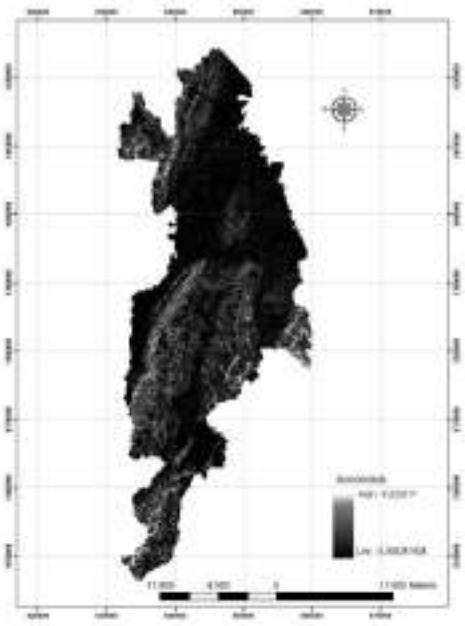
La Gráfica 157 ilustra cómo influye la forma de la pendiente en los movimientos de remoción en masa.

Mapa 6: Mapa de pendientes



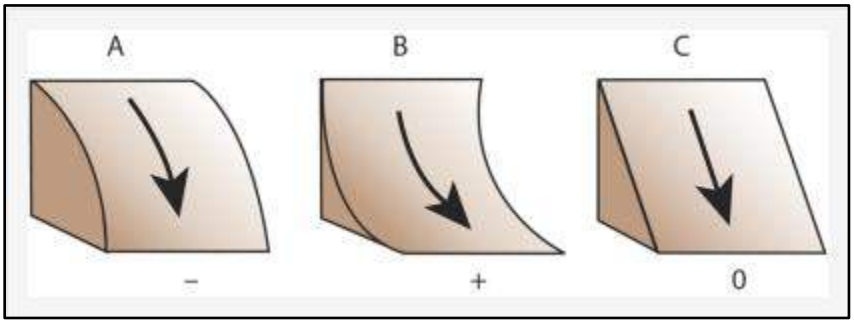
Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta

Mapa 7: Mapa de rugosidad generado a partir del MDE. La rugosidad está relacionada con la susceptibilidad a la remoción en masa, a mayor rugosidad, mayor susceptibilidad.



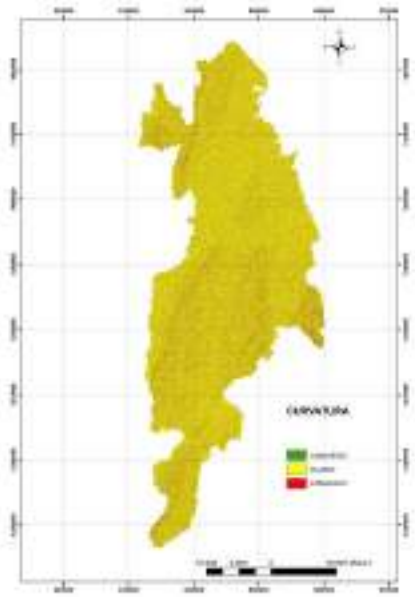
Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta

Gráfica 157: Esquema didáctico para expresar como la forma de la pendiente influye en la aceleración o desaceleración del flujo. Las pendientes convexas como en A tienden a acelerar el flujo y por consiguiente los procesos de remoción en masa.



Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta

Mapa 8: Mapa de Curvatura. La curvatura se relaciona con la convergencia y divergencia de la corriente por una superficie. Permite conocer en donde son más susceptibles los procesos de remoción en masa debido a la facilidad para acelerar flujos. Las laderas convexas favorecen la aceleración del flujo.



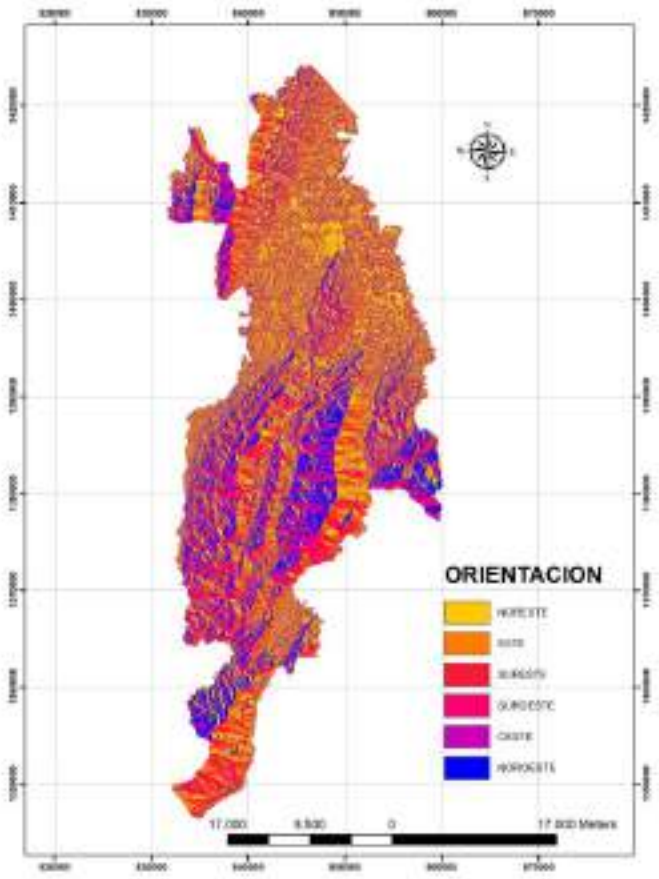
Fuente; Unión Temporal Planeando Cúcuta.

1.1.2.10.3.4 Mapa de Orientación

La orientación, está definida como la dirección de exposición de la ladera en un punto y que representa la dirección de la máxima pendiente calculada para cada celda. Se calcula a partir del ángulo existente entre el norte geográfico y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en un punto dado. Se trata de una variable derivada del MDE, cuantitativa,

continua y con un rango de valores de 1 a 360 grados, aunque también se representan como una malla regular de punto flotantes. La orientación indica de manera indirecta la situación de una ladera en cuanto a su insolación y, por lo tanto, si una ladera se encuentra húmeda o seca con mayor frecuencia. También se puede interpretar en términos de cantidad de vegetación (por ejemplo, en zonas umbrías suele existir más bosque o matorral y una mayor estabilidad de la formación superficial por la presencia de raíces). La orientación de la ladera también influirá en la cantidad de lluvia recibida, según la dirección de avance de los frentes nubosos. (Mapa 9)

Mapa 9: Mapa de orientación de las laderas en el área rural del municipio de Cúcuta.



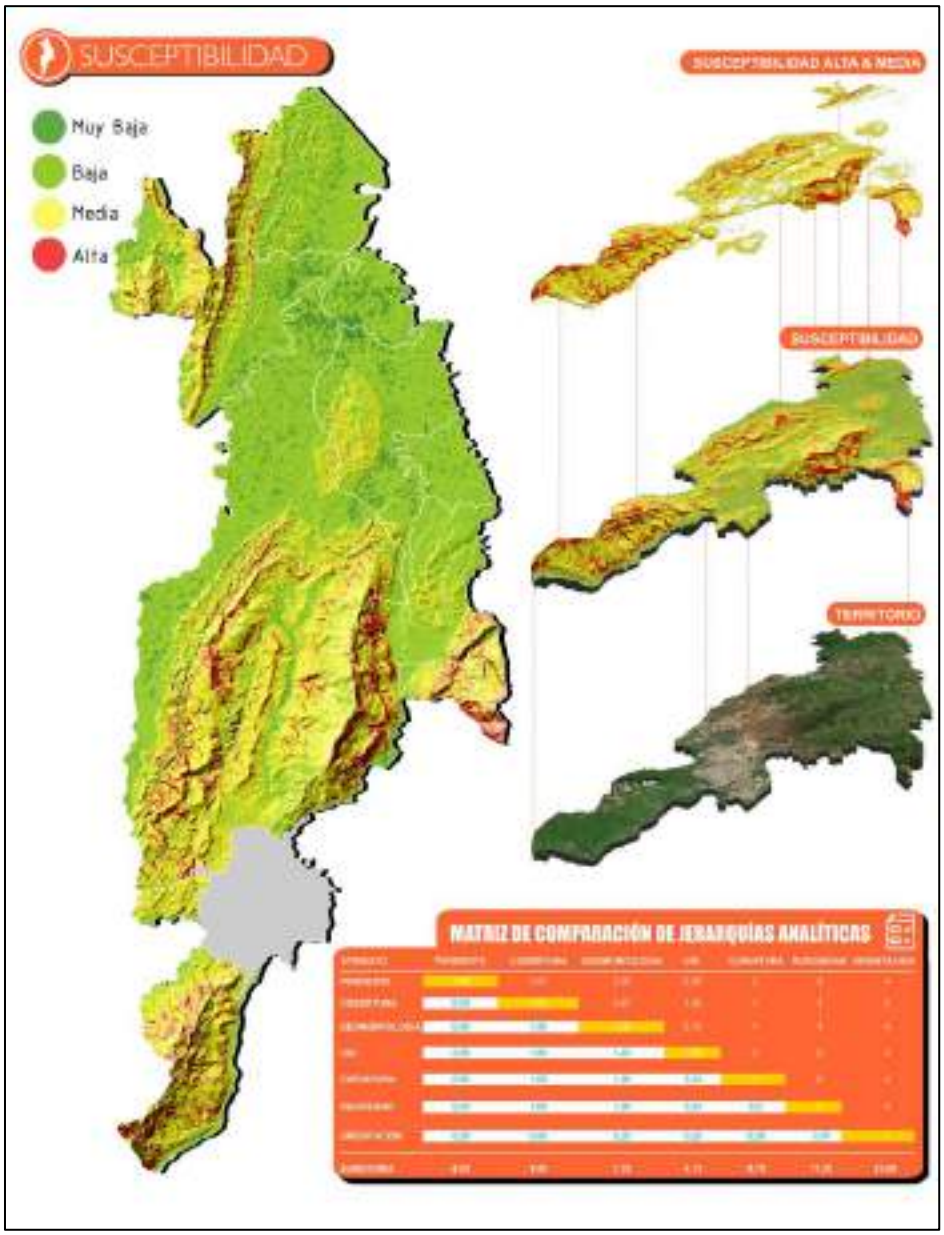
Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta

1.1.2.10.4 Generación del mapa de susceptibilidad.

El objetivo final de este procedimiento es la obtención del mapa de susceptibilidad a partir del modelo de Jerarquías Analíticas. Para realizar el anterior calculo deben rasterizarse los mapas vectoriales en el software del SIG y luego integrarlos con la herramienta *weighted overlay* donde se le asignará a cada mapa su peso correspondiente obtenido a partir de la matriz de análisis generando así el resultado y estableciendo los niveles o categorías de susceptibilidad que dividen

los valores de la malla regular discriminante en rangos iguales de susceptibilidad, en este caso cinco: muy baja, baja, media, alta y muy alta. (Mapa 10)

Mapa 10: Mapa de susceptibilidad obtenido con la metodología de análisis estadístico multivariado "Jerarquías Analíticas". La matriz de comparación se aprecia en el sector inferior derecho de la figura.

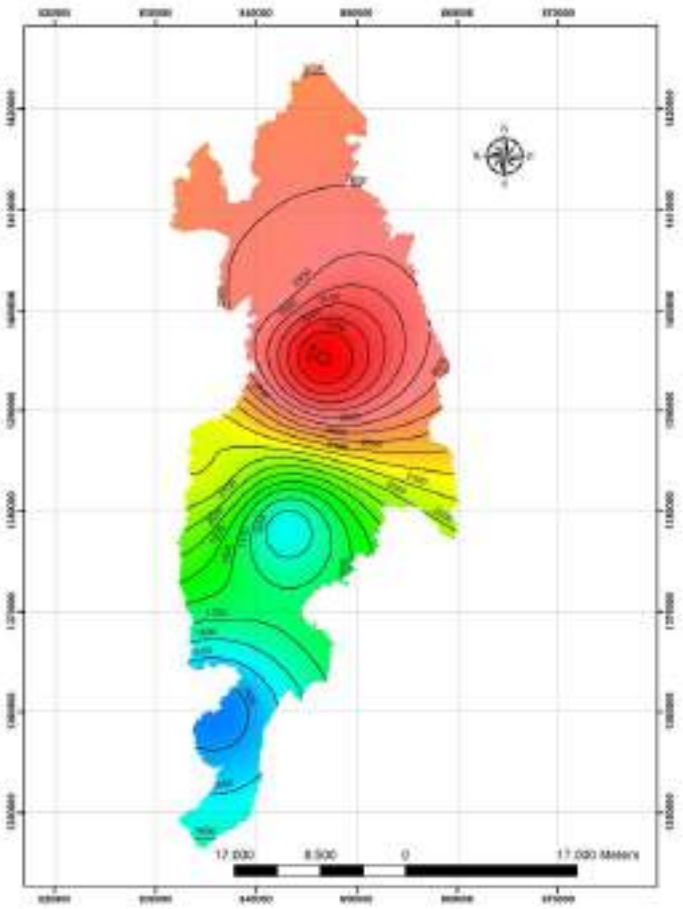


Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017.

1.1.2.10.5 Mapa de amenazas por remoción en masa

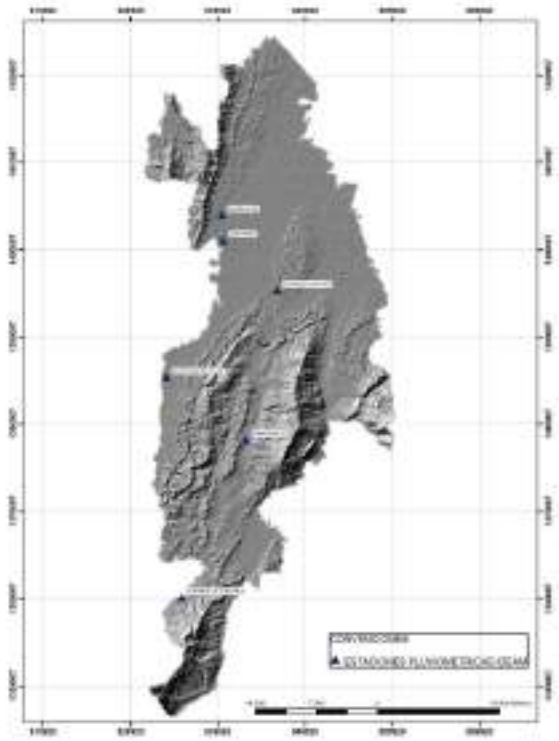
Para la elaboración del mapa de amenazas por remoción en masa se ha anexado el mapa de isoyetas a la matriz de jerarquías analíticas ya descrita con detalle en el capítulo de susceptibilidad. El mapa de isoyetas se ha generado a partir del análisis del factor detonante lluvia con datos de precipitaciones aportados por el IDEAM de estaciones pluviométricas distribuidas en el municipio de Cúcuta. El mapa de isoyetas utilizado para el análisis es el correspondiente al año 2010, época en la que ocurrieron las mayores precipitaciones de la región por causa del fenómeno de la Niña. El análisis probabilístico analizando tasas de retorno ya fue explicado con detalle en el capítulo de análisis del factor detonante lluvia para el área urbana del municipio de Cúcuta. La matriz resultante de la aplicación del método de jerarquías analíticas se puede aplicar en la Tabla 17.

Mapa 11: Mapa de Isoyetas generado a partir de las precipitaciones del año 2010. Los números dentro del mapa indican la cantidad de precipitación anual en mm.



Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta

Gráfica 158: Ubicación de estaciones pluviométricas consideradas en el estudio.



Fuente: Elaboración de UT Planeando Cúcuta con datos de IDEAM 2017.

Tabla 16: Datos de precipitaciones de las estaciones pluviométricas en el área rural de Cúcuta.

LONGITUD	LATITUD	CODIGO	NOMBRE	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
-72.583890	8.077333	16020140	BOCATOMA RIO ZULIA	95	73	135			100	85	135	74	135	70
-72.526310	8.245500	16020130	BARRANCAS	125	102	120	100	124	125	77	84	135	125	100
-72.468610	8.167778	16025040	CINERA-VILLA OLGA	240.7	187	196	110	115.6	143	125.7	118	82	130.4	134
-72.500280	8.011944	16020180	CERRO PELAO	67	90	80	97	70	132	70	87	50	89	100
-72.566110	7.848889	16025010	CARMEN DE TONCHALA	63		133	78	33	46.6	53	130	44	88	71
-72.524560	8.219167	16020250	LAS VACAS	130	130	150	100	135	135	70	56	135	106	145
LONGITUD	LATITUD	CODIGO	NOMBRE	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
-72.583890	8.077333	16020140	BOCATOMA RIO ZULIA	105	36	54	80	85	40	63	127	134	138	101
-72.526310	8.245500	16020130	BARRANCAS	135	95	135	120	96	95	125	185	125	120	140
-72.468610	8.167778	16025040	CINERA-VILLA OLGA	103.4	160	153.8	80	97	52.8	133	102.1	224.7	156.6	160
-72.500280	8.011944	16020180	CERRO PELAO	110	69	74	70	80	44	71	138	124	142	95
-72.566110	7.848889	16025010	CARMEN DE TONCHALA	74	72	105	104	52	42	195.4	82	90	95	80
-72.524560	8.219167	16020250	LAS VACAS	135	125	130	150	150	70	116	80	150	134	150
LONGITUD	LATITUD	CODIGO	NOMBRE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
-72.583890	8.077333	16020140	BOCATOMA RIO ZULIA	121.7	142	121.2	127.5	121.9	136.8	91.2	90.7	132.2	183.4	109.3
-72.526310	8.245500	16020130	BARRANCAS	134	114	116	141	95	115	108	141	110	130	120
-72.468610	8.167778	16025040	CINERA-VILLA OLGA	116.4	155	85.6	129.2	123	175.5	77.6	131.5	93.3	132.6	132.8
-72.500280	8.011944	16020180	CERRO PELAO	85	125	105	145	94	30	81	60	92	128	45
-72.566110	7.848889	16025010	CARMEN DE TONCHALA	52.7	79.4	89.3	91.5	52	118.4	79.2	57.2	39.3	58.3	51.7
-72.524560	8.219167	16020250	LAS VACAS	150	150	84	74	77	95	87	43	47	64	74

Fuente: Elaboración de UT Planeando Cúcuta con datos de IDEAM 2017.

Tabla 17: Matriz de comparación de jerarquías analíticas introduciendo el factor detonante lluvia (mapa de isoyetas)

METODO DE JERARQUIAS ANALITICAS
MATRIZ DE COMPARACION

ATRIBUTO	PENDIENTE	COBERTURA	GEOMORFOLOGIA	UGS	CURVATURA	RUGOSIDAD	ORIENTACION	ISOYETAS
PENDIENTE	1.00	3.00	2.00	0.50	2	3	4	4
COBERTURA	0.33	1.00	0.67	1.00	1	1	2	0.5
GEOMORFOLOGIA	0.50	1.50	1.00	0.75	1	1	4	1
UGS	2.00	1.00	1.33	1.00	3	3	4	2
CURVATURA	0.50	1.00	1.00	0.33	1	2	4	1
RUGOSIDAD	0.33	1.00	1.00	0.33	0.5	1	4	0.5
ORIENTACION	0.25	0.50	0.25	0.25	0.25	0.25	1	1
ISOYETAS	0.50	1.25	1.00	0.50	1	1.25	1	1
SUMATORIA	5.42	10.25	8.25	4.62	9.75	12.50	24.00	9.50

Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta

Los pesos resultantes para cada mapa temático y que serán asignados al sistema de información geográfica para elaborar el modelo se aprecian en la Tabla 18.

Tabla 18: Asignación de pesos a los diferentes mapas temáticos del modelo.

MATRIZ DE NORMALIZACION

ATRIBUTO	PENDIENTE	COBERTURA	GEOMORFOLOGIA	UGS	CURVATURA	RUGOSIDAD	ORIENTACION	ISOYETAS	PESO
PENDIENTE	0.18	0.29	0.24	0.11	0.21	0.24	0.17	0.21	0.21
COBERTURA	0.06	0.10	0.08	0.22	0.10	0.08	0.08	0.05	0.10
GEOMORFOLOGIA	0.09	0.15	0.12	0.16	0.10	0.08	0.17	0.10	0.13
UGS	0.37	0.10	0.17	0.22	0.31	0.24	0.17	0.21	0.22
CURVATURA	0.09	0.10	0.12	0.07	0.10	0.16	0.17	0.10	0.11
RUGOSIDAD	0.06	0.10	0.12	0.07	0.05	0.08	0.17	0.05	0.09
ORIENTACION	0.05	0.05	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.10	0.05
ISOYETAS	0.09	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.04	0.10	0.10
SUMATORIA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta

La razón de consistencia para validar el modelo teóricamente muestra un resultado menor que 0.10 como se puede apreciar en la Tabla 19 lo que permite corroborar la lógica de la matriz de comparación.

Tabla 19: Estimación de la razón de consistencia para el modelo de amenazas.

ESTIMACION DE RAZON DE CONSISTENCIA		
ATRIBUTO	PASO A	PASO B
PENDIENTE	1.745871356	8.488560723
LITOLOGIA	0.849263532	8.441945353
GEOMORFOLOGIA	1.019769973	8.467138717
UGS	1.907009505	8.583972486
CURVATURA	0.979552703	8.561615394
RUGOSIDAD	0.776746461	8.484251623
ORIENTACION	0.384023137	8.291605439
ISOYETAS	0.834122222	8.438386881
LANDA λ =	8.469684452	
CL =	0.067097779	
CR =	0.074553088	
CR ( ) < 0.10 LO QUE NOS INDICA QUE TENEMOS UN RAZONABLE NIVEL DE CONSISTENCIA EN EL MIA		

Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017

El resultado de la aplicación del modelo de jerarquías analíticas en el SIG con la herramienta *weighted overlay* se puede observar en el Mapa 12. Las características de las áreas zonificadas como de amenaza alta, media y baja se muestra en la

Tabla 20: Categorización de la amenaza por movimientos en masa

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN
AMENAZA ALTA	Zonas donde se encuentran litologías con características susceptibles a los movimientos en masa, como alto grado de meteorización, dureza baja, fabrica menos consistente, pendientes altas (muy escarpado), geoformas principalmente denudacionales, con procesos morfodinámicos activos principalmente de deslizamiento de alta pendiente, baja o nula cobertura del suelo, zonas con mayor incidencia de las estructuras de plegamiento y fallamiento.
AMENAZA MEDIA	Zonas donde se encuentran litologías con características moderadas ante la susceptibilidad a los movimientos en masa, como rocas ligeramente meteorizadas, dureza intermedia, fábrica de materiales consolidados, pendientes moderadas (inclinado a empinado), geoformas principalmente denudacionales y estructurales, con procesos denudacionales activos de menor incidencia (Caída de tierra o detritos y reptación del suelo), cobertura baja a alta con moderada densidad, suelos con material parental de rocas sedimentarias consolidadas y zonas con moderada incidencia de las estructuras de plegamiento y fallamiento.
AMENAZA BAJA	Zonas donde se encuentran litologías con características no favorables ante los movimientos en masa, como bajo grado de meteorización, dureza alta, fabrica masiva o bandeada, pendientes bajas (Planas a moderadamente inclinadas), geoformas principalmente fluviales, sin actividad morfodinámica activa, alta y densa cobertura del suelo, suelos con material parental de rocas ígneas, metamórficas y zonas con baja incidencia de las estructuras de plegamiento y fallamiento.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.1.2.11 Plan de acción

Tabla 21. Plan de acción para el Municipio de Cúcuta

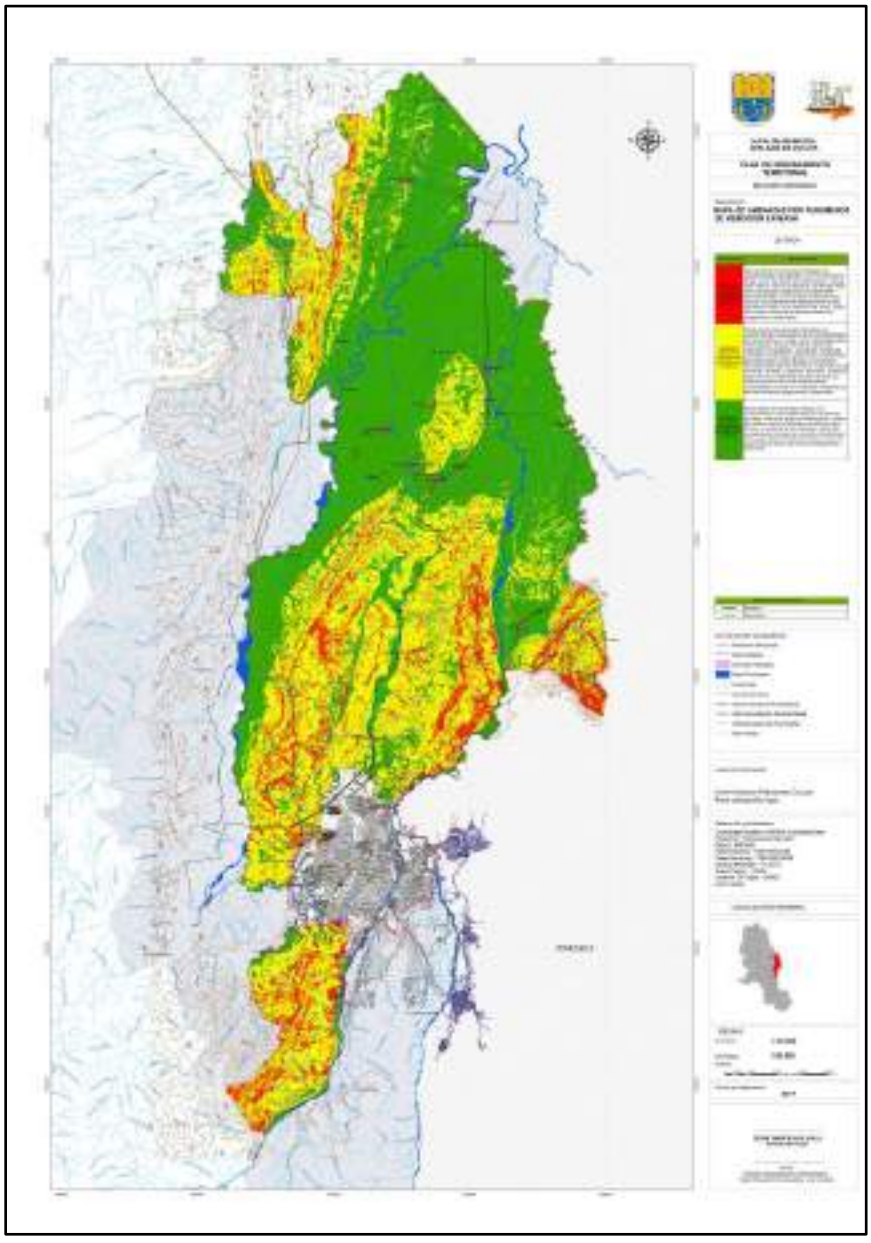
EJES	PROGRAMAS	PROYECTOS
Comprender el Riesgo	Gestión del Conocimiento	Los predios en Amenaza alta y media por M.M deberán Desarrollar estudios detallados de AVR
		Realizar estudios detallados por inundación en los sectores donde se delimiten y zonifiquen las categorías de riesgo con la determinación de aquellas zonas de riesgo alto que se consideren como mitigables y no mitigables y la definición de las medidas de intervención para el desarrollo de las zonas de riesgo mitigable.
		La Administración Municipal Realizar un inventario de las familias y predios localizados sobre zonas de amenaza alta.
		El Municipio Realizara un Inventario de la Tipificación de las Viviendas
		Capacitar y Socializar los Elementos sobre la Gestión del Riesgo
		Para las zonas calificadas como de inestabilidad potencial dentro del perímetro Urbano, se hace necesaria una zonificación geotécnica con estudios definitivos como lo exige el Titulo H de la NSR-10, que comprenda estudios de suelo y cartografía 1:500, con el objeto de identificar cuales áreas son aptas para el desarrollo del Municipio.

		Recuperar las áreas que queden desocupadas después de hacer efectivo el proceso de reasentamiento.
Fortalecer la Gobernanza del Riesgo ante los Desastres	Incorporación de las políticas Sectoriales mediante Instrumentos de control	Fijar y formular los lineamientos específicos para el control Urbano
		Desarrollar normas específicas para la construcción informal en la captación y enajenación
		Desarrollar un grupo elite interinstitucional (Fiscalía, alcaldía y CDMB, CAS)
		Incorporar Normas específicas para la construcción sobre las laderas del Municipio.
Obras Propuestas para el Municipio de San José de Cúcuta	Obras Geotécnicas propuestas	Implementación de canaletas superficiales para el control de los niveles superficiales de escorrentía sobre las zonas de confluencia del flujo superficial y para la recolección de las aguas de los drenes de penetración.
		Realizar canaletas disipadoras en concreto reforzado, para la entrega segura de los niveles de aguas superficiales y las provenientes de los drenes.
		Implementación de baterías de drenes de penetración horizontal, para la recolección de los niveles freáticos dentro del suelo. Estos se ubican estratégicamente sobre las áreas de mayor flujo subterráneo.
		Alcantarillado Pluvial para el manejo de las aguas de escorrentía
		Muro en concreto lanzado con pernos y malla triple torso para los talud.
Plan de Vulnerabilidad y Riesgo	Análisis, Reducción de la Vulnerabilidad y riesgos por afluencia masiva de público	Evaluación de riesgo sísmico por influencia masiva de público en establecimientos institucionales o dotacionales
		Diseño, edición y distribución del manual de construcción de viviendas de interés prioritario urbana.
		Adecuación funcional de escenarios deportivos y culturales con la norma NSR-10
		Divulgación pública sobre vulnerabilidad en eventos masivos.
Reducción del Riesgo	Inspección, seguimiento y control para la prevención de desastres	Inspección, seguimiento y control a suelos de protección
		Implementación de un sistema de red hidrometeorologico mediante sensores remotos, estaciones climatológicas completas y miras limnimetricas al igual que correntómetros
		Implementar una red de piezómetros e inclinometros sobre las laderas o movimientos en masa activos en la zona del Municipio mediante un sistema de sensores remotos.
Invertir en la Reducción de Desastres para la Resiliencia	Reducción del Riesgo (medidas estructurantes) y (medidas no estructurantes)	Desarrollar un plan de Mejoramiento de Vivienda
		Formular el Plan de Reducción de obras y Control de Erosión
		Establecer un Plan de Acción y ejecución de medidas de reducción
		Crear un equipo o departamento Técnico
		Crear un sistema de red para los fallamiento geológicos
		Implementación de una red de monitoreo de inclinometros y piezómetros de sismógrafos
Atención y Prevención de Desastres	Plan de Atención y Prevención de Desastre	Desarrollar Simulacros para en formas de evacuación y atención
		Socialización y Capacitación
		Identificación de las viviendas en condición de ruinas y desastres
Respuesta a Desastres y Emergencias	Capacitación, construcción, Fortalecimiento y entrenamiento interinstitucional para la respuesta ante emergencia	Implementación de cursos de capacitación.
		Capacitación en funciones de respuesta y coordinación ante emergencia.
		Entrenamiento a nivel institucional, Juntas de Acción Comunal, municipal.
		Diseño, construcción y operación del centro de capacitación y entrenamiento para la respuesta ante emergencia la defensa civil.
		Implementación de centros municipales de despacho y coordinación de servicios de emergencia.
		Construcción de albergues municipales para atención en casos de emergencia.
		Conformación de centros de reserva.
		Preparación y formación de personal para la evaluación de daños en caso de sismos críticos
Preparación para la Recuperación	Preparación para la evaluación de daños	Formulación de una Metodología para la evaluación de daños.
		Preparación de personal para la evaluación de daños.

Post Desastre	Preparación para la rehabilitación	Conformación de redes de apoyo para la rehabilitación de servicios públicos.
		Reserva de terrenos y diseño de escombreras.
	Preparación para la reconstrucción	Preparación para la recuperación de vivienda a nivel municipal.
		Preparación para la recuperación psicosocial.

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Mapa 12: Mapa de amenazas por fenómenos de remoción en masa del área rural del municipio de Cúcuta.



Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017

1.1.3 Amenaza por inundaciones

Teniendo en cuenta el análisis de los eventos históricos ocurridos en la cuenca, y los principales cuerpos de agua presentes alrededor del área rural del Municipio de Cúcuta, entre los que se destacan el Río Zulia, Río Pamplonita, Río Guaramito, Quebrada La Floresta, Quebrada Tonchalá, Quebrada Faustinera y Quebrada Seca; además del particular relieve de la zona, el cual muestra zonas con morfologías planas a ligeramente planas y onduladas principalmente en la zona norte y centro del área de estudio, se observa que los eventos de inundaciones que se presentan en la zona, se dan principalmente por las altas precipitaciones, que a su vez aumentan la escorrentía de aguas lluvias, por lo que se generan desbordamientos en los márgenes de los drenajes.

1.1.3.1 Metodología susceptibilidad de inundaciones

La zonificación de la susceptibilidad se realizó a través de un análisis geomorfológico, donde se efectuó una interpretación de las geoformas y relieves de ambiente fluvial, aluvial a partir de imágenes satelitales y el modelo de elevación digital (DEM), a partir del cual, se generó un modelo de sombras y pendientes y se integró a la información histórica.

El objetivo de dicho análisis fue el de encontrar vestigios y evidencias físicas de inundaciones dentro del área rural del Municipio de Cúcuta. Una vez identificadas las geoformas relacionadas con los eventos de desplaye de las aguas de un río, estas fueron categorizadas según la relación con la actividad fluvial (antigua, efímera o activa).

Las variables que se tuvieron en cuenta para definir la susceptibilidad a inundaciones en el área rural del Municipio de Cúcuta fueron las subunidades geomorfológicas, correspondientes a geoformas generadas a lo largo de sistemas fluviales como resultado de los procesos erosivos y de acumulación que varían en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos, las cuales según sus características nos permitirán definir las áreas más susceptibles.

1.1.3.2 Calificación de la susceptibilidad.

Para la realización de la calificación de susceptibilidad por inundaciones mediante el análisis geomorfológico directo se tomaron valores que van desde 0 hasta 0,9. Siendo 0 el valor asignado para zonas que presentan geoformas con menor grado de susceptibilidad y 0,9 el valor asignado para las zonas que presentan geoformas con mayor grado de susceptibilidad por inundaciones. Esta calificación se realiza de acuerdo con el criterio experto como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 22: Rangos de clasificación de susceptibilidad por inundaciones

Calificación	Susceptibilidad
<0,2	BAJA
0,200001-0,6	MEDIA
0,600001-0,9	ALTA

Fuente. UT Planeando Cúcuta, 2017.

A continuación, se presenta la clasificación general para la susceptibilidad por inundaciones, determinada mediante el software Arcgis.

Gráfica 159. Clasificación de la susceptibilidad por inundaciones en el área rural del Municipio de Cúcuta.

Fuente. UT Planeando Cúcuta, 2017.

De acuerdo con lo anterior, se determinan las calificaciones de susceptibilidad para cada una de las subunidades geomorfológicas presentes en el área.

Tabla 23. Calificación de la susceptibilidad de las subunidades geomorfológicas para el área rural del Municipio de Cúcuta.

NOMENCLATURA	NOMBRE	AREA (HA)	SUSCEPTIBILIDAD
Aemc	Explotación minera	378,110576	BAJA
Arb	Rellenos de basuras o rellenos sanitarios	58,809238	BAJA
Dc	Cima	275,208849	BAJA
Dco	Depósito coluvial	3714,840099	BAJA
Dcr	Colina residual	454,045816	BAJA
Deem	Escarpe de erosión mayor	94,609244	BAJA
Deeme	Escarpe de erosión menor	138,116017	BAJA
Dldebc	Lomo desnudado bajo de longitud corta	115,337216	BAJA
Dldemc	Lomo denudado moderado de longitud corta	89,898633	BAJA
Dldemm	Lomo denudado moderado de longitud media	64,720429	BAJA
Dldi	Lomerios disectados	1224,902770	BAJA
Dle	Ladera erosiva	2204,981053	BAJA
Dlmd	Lomerios muy disectados	949,787996	BAJA
Dlor	Loma residual	176,404102	BAJA

Dlpd	Lomerios poco disectados	384,412361	BAJA
Dlres	Lomo residual	633,297876	BAJA
Dmo	Monticulos y ondulaciones	22102,365617	BAJA
Dpad	Planos aterrazados o duricostras	449,018223	BAJA
Dpe	Pedimentos de erosión	239,253763	BAJA
Dts	Terraza sobreelevada	420,180434	BAJA
Fbc	Barra compuesta	124,302293	ALTA
Fbl	Barra longitudinal	8,630612	ALTA
Fbp	Barra puntual	18,135988	ALTA
Fca	Cauce aluvial	1040,954132	ALTA
Fcdy	Cono de deyección	120,141406	MEDIA
Fma	Meandros abandonados	130,063981	ALTA
Fpi	Planicie de inundación	32513,721567	ALTA
Fta	Terraza de acumulación	4572,339913	MEDIA
Ftan	Terraza de acumulación antigua	724,700898	MEDIA
Sclc	Ladera de contra pendiente de cuesta	1034,295010	BAJA
Scle	Ladera estructural de cuesta	695,489063	BAJA
Scor	Cornisa estructural	157,912937	BAJA
Secp	Escarpe de contra pendiente	539,084718	BAJA
Sefc	Espolón faceteado	1394,919413	BAJA
Sesbc	Espolón bajo de longitud corta	767,724083	BAJA
Sesbm	Espolón bajo de longitud media	392,800494	BAJA
Sesmc	Espolón moderado de longitud corta	306,943820	BAJA
Sesml	Espolón moderado de longitud larga	661,389572	BAJA
Sft	Facetas triangulares	1797,242431	BAJA
Sgf	Gancho de flexión	959,435986	BAJA
Slcp	Ladera de contra pendiente	7808,397569	BAJA
Sle	Ladera estructural	8288,237066	BAJA
Sles	Ladera Escalonada	412,137781	BAJA
Slf	Lomo de falla	1670,513077	BAJA
Slfe	Escarpe de linea de falla	62,518070	BAJA
Slo	Lomo de obturación	153,861565	BAJA
Slp	Lomo de presión	773,684839	BAJA
Ssan	Sierra anticlinal	982,528723	BAJA
Ssanl	Ladera estructural de anticlinal	861,691427	BAJA
Sshlc	Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	861,789605	BAJA
Sshle	Ladera estructural de sierra homoclinal	644,310234	BAJA
Ssslc	Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	646,066526	BAJA
Sssle	Ladera estructural de sierra sinclinal	91,912441	BAJA

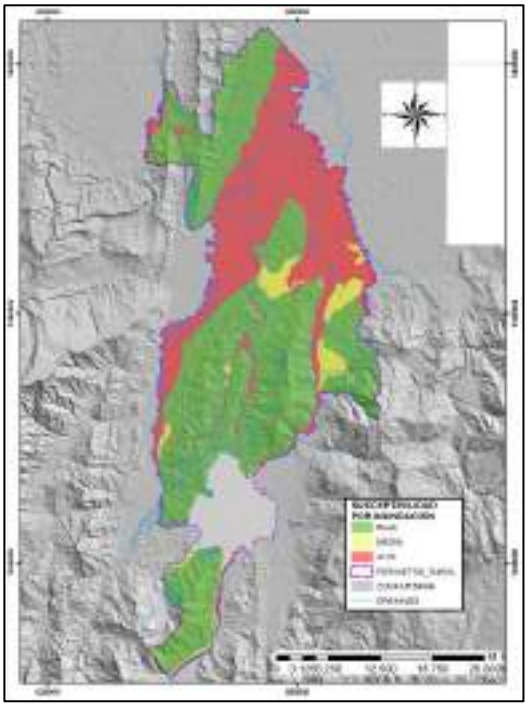
Fuente. UT Planeando Cúcuta, 2017.

Las subunidades geomorfológicas que presentan mayor grado de susceptibilidad (muy alta) por inundaciones en el área rural del municipio de Cúcuta, son aquellas que presentan pendientes muy bajas, de planas a ligeramente inclinadas, y además se encuentran asociadas al origen y desarrollo fluvial de la zona. Se incluyen los cauces principales como lo son el Río Zulia Y Pamplonita y algunas quebradas, planicies de inundación, barras (compuestas, longitudinales y puntuales), meandros abandonados y conos de deyección.

1.1.3.3 Análisis de la susceptibilidad por inundaciones

De manera general, el área rural del municipio de San José de Cúcuta presenta alturas que varían desde los 950-1200 m.s.n.m. en las partes más altas, hasta alturas mínimas, entre los 50 y 70 m.s.n.m. Estas últimas corresponden a las zonas caracterizadas geomorfológicamente como subunidades de origen fluvial asociadas a eventos de inundaciones (Mapa 13)

Mapa 13: Mapa de Susceptibilidad por Inundaciones en el área rural de Cúcuta.



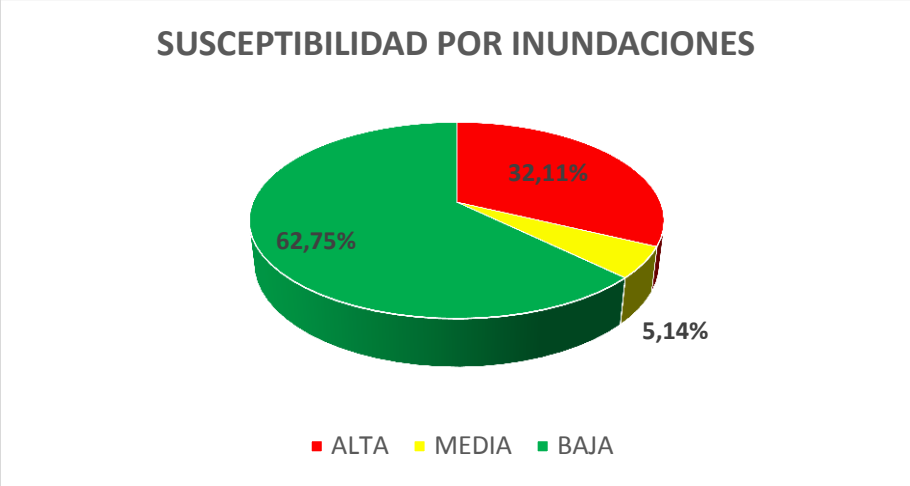
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

En el Mapa 13 se presenta la susceptibilidad por inundaciones determinada a partir de la caracterización geomorfológica, y en él que se evidencia que las zonas que presentan calificación de susceptibilidad alta, son las que se encuentran directamente relacionadas a cauces aluviales activos, como lo son planicies de inundación, meandros abandonados y barras de los Ríos Pamplonita, Zulia, Guaramito, Quebradas como la Faustinera, La Floresta, Quebrada Seca, Tonchalá, Palmareña, Palmar, Santa Rosa, La Ovaya y Mucurera.

Las zonas que presentan susceptibilidad por inundación media corresponden a subunidades de origen fluvial asociadas también a los ríos Zulia y Pamplonita pero que corresponden a terrazas de acumulación, terrazas de acumulación antigua y conos de deyección.

Las zonas con susceptibilidad baja corresponden a subunidades geomorfológicas de origen principalmente denudacional y estructural que presentan índice de relieve alto, y mayor pendiente, y corresponden a las zonas más distales de los cauces activos principales.

Gráfica 160: Áreas de Susceptibilidad por Inundaciones en el área rural del Municipio de Cúcuta.



Fuente. UT Planeando Cúcuta, 2017

Cómo resultado del análisis geomorfológico se obtiene el mapa de susceptibilidad a inundaciones en el área rural del Cúcuta, el cuál muestra un 32,11% (33835,808574 Ha) catalogado como susceptibilidad alta a inundaciones; dentro de esta categoría se encuentran los cauces activos, barras laterales, barras longitudinales, barras puntuales, barras transversales, meandros abandonados y planicies de inundación, pues son unidades con un bajo relieve, relacionadas a la dinámica fluvial reciente; un 5,14 % (5417,182216 Ha) se encuentra en susceptibilidad media, y finalmente el 63% (66133,186761 Ha) del territorio se encuentra en susceptibilidad baja a inundaciones. (Gráfica 160)

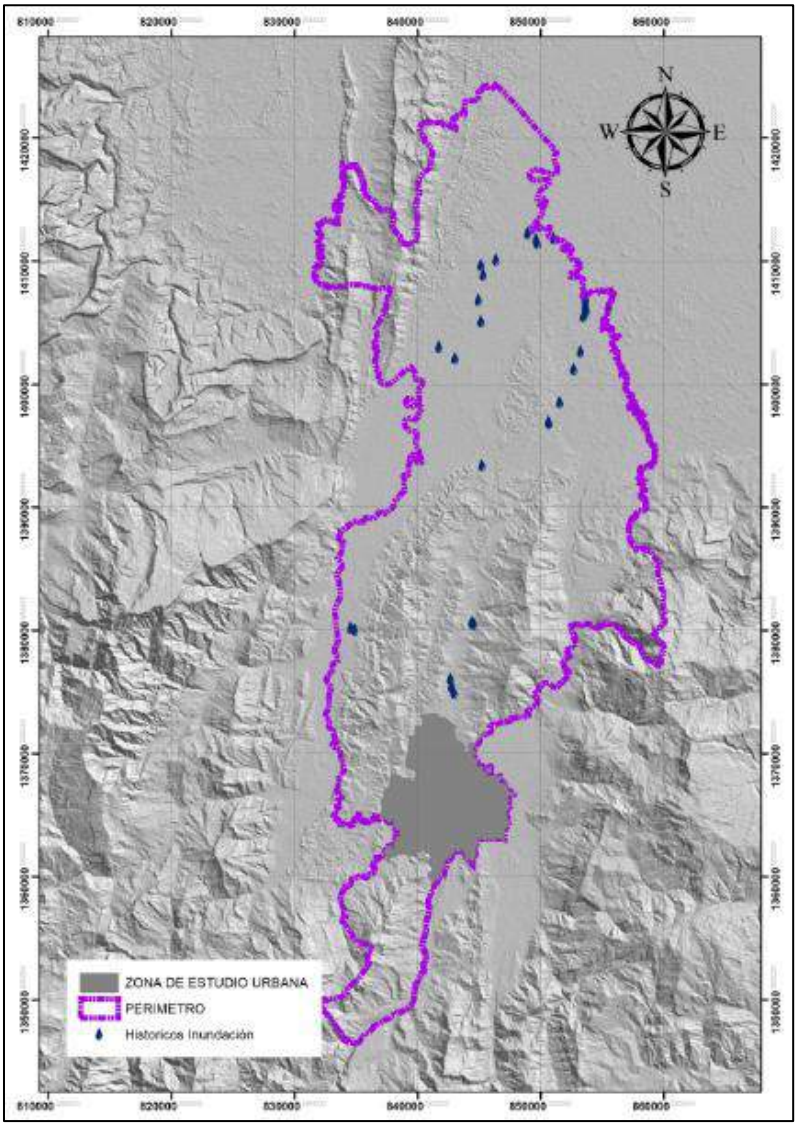
1.1.3.4 Zonificación de la amenaza por inundación

Para la zonificación de la amenaza por inundaciones se realizó una valoración de los eventos históricos registrados teniendo en cuenta la variabilidad climática que presentan los fenómenos de la Niña en el área rural del municipio de Cúcuta y se integró con la zonificación de susceptibilidad. Además, se utilizaron imágenes de satélite y sensores remotos como herramienta para delimitar las áreas de mayor afectación en temporadas de intensas precipitaciones.

De acuerdo con la información disponible para el área rural del Municipio de Cúcuta tomada del Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DESINVENTAR) (Gráfica 161), se encuentra que los

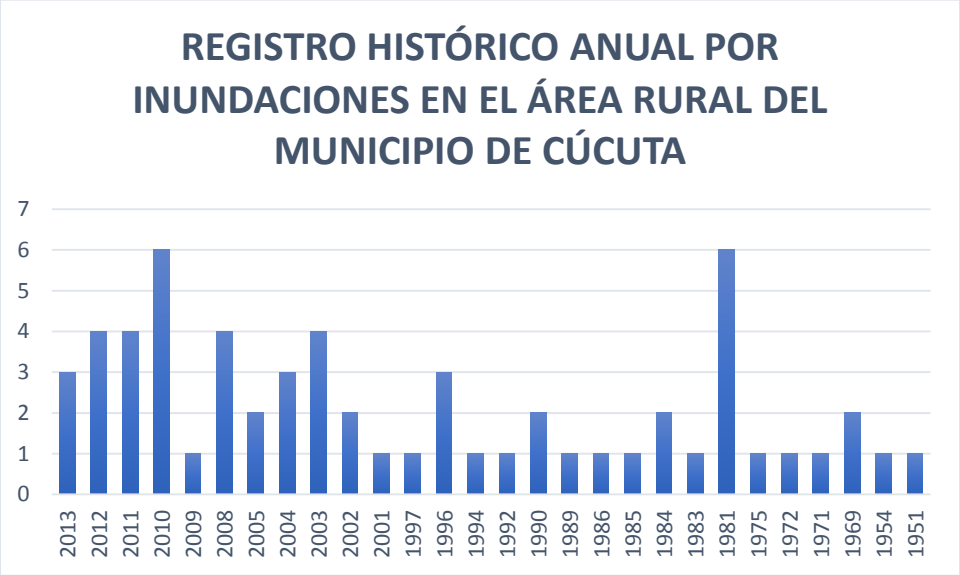
reportes por inundación están disponibles desde el año 1951 hasta el año 2013. El PMDGRD posee información de áreas afectadas por inundaciones en los últimos años y la cual se ha integrado a la información extraída de DESINVENTAR para generar el mapa de eventos históricos por inundaciones del área rural del municipio de Cúcuta (Mapa 14)

Mapa 14. Eventos históricos de inundaciones en el área rural del Municipio de Cúcuta.



Fuente: UT PLANEANDO CÚCUTA, 2017. Basado en los datos del Plan municipal para la gestión de riesgos y desastres.

Gráfica 161. Registro Histórico anual por inundaciones en el área rural del Municipio de Cúcuta



Fuente. UT Planeando Cúcuta, 2017. Basado en los datos del Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DesInventar).

1.1.3.4.1 Fenómenos de la Niña y las inundaciones en el municipio de Cúcuta

El fenómeno de la Niña es una de las componentes oceánicas del ENSO (Oscilación del sur) que también está compuesta por la fase del Niño. “La Niña” 2010-2011, tuvo una repercusión notoria en el clima de Colombia, generando emergencias asociadas a inundaciones lentas, crecientes súbitas y deslizamientos de tierra, con las consecuentes pérdidas humanas y materiales. El efecto de “La Niña” en nuestro país se caracteriza por un aumento considerable de las precipitaciones (anomalías positivas) y una disminución de las temperaturas (anomalías negativas) en las regiones Andina, Caribe y Pacífica, así como en áreas del piedemonte de los Llanos orientales, mientras que en la zona oriental (Orinoquía y Amazonía), dichas variables tienden a un comportamiento cercano a lo normal, sin ser muy claro el patrón climatológico ante la presencia de un evento frío (IDEAM 2012)

Las cuencas de los ríos Pamplonita y Zulia son altamente vulnerables a los efectos actuales y esperados del cambio climático y de la variabilidad climática, donde se han detectado aumentos para el período 1981-2010 de entre 0,1°C y 0,4°C por década para la temperatura media y de 0 a 250 mm/década en las precipitaciones medias anuales, con una distribución diferenciada en el territorio de las cuencas pero que se caracteriza porque las zonas secas recibirán menos lluvias y las zonas húmedas mayores precipitaciones (Alzate D, et al 2015).

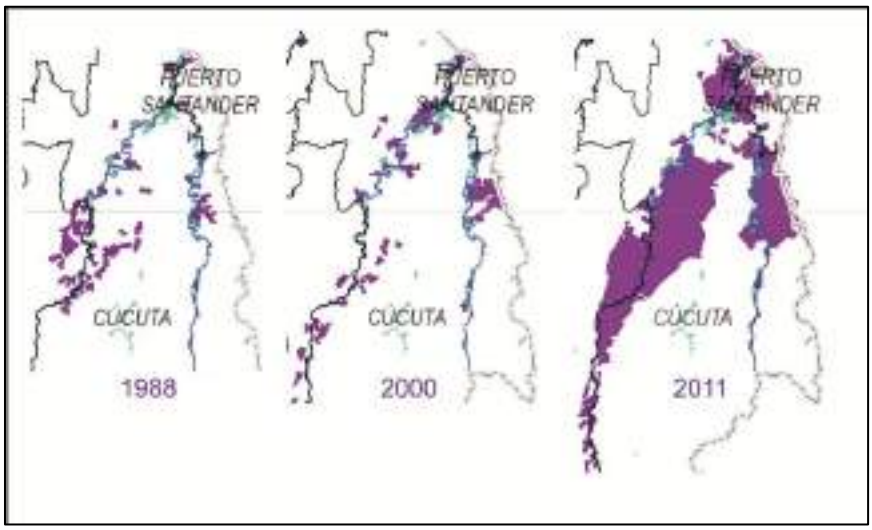
En el marco de los análisis para establecer las áreas afectadas por los efectos hidrometeorológicos del evento La Niña 2010-2011, se realizó la interpretación de imágenes de sensores remotos para los sitios donde se disponía de dichas imágenes satelitales en esa época. Así mismo se estableció una **línea base** que sirviera como referencia a las inundaciones y que permitiera estimar la

extensión asociada al evento en particular en la cual se identificaron las superficies cubiertas por espejos de agua y las coberturas asociadas a ella, entre las que se destacan las zonas pantanosas y otras coberturas que por sus condiciones edafogenéticas, favorecen la ocurrencia de procesos de inundación.

Para establecer esta línea base de inundaciones se parte del análisis de indicadores meteorológicos, específicamente el correspondiente a la serie del índice oceanográfico ONI, identificando la segunda temporada lluviosa del 2001 como una época durante la cual predominaron condiciones meteorológicas cercanas a una fase normal. De esta manera las superficies de agua y coberturas asociadas reflejan una condición de referencia normal para las zonas inundables del territorio colombiano. Para el período noviembre de 2010 a junio de 2011 el cual se clasificó como Niña Fuerte, en particular se emplearon las imágenes de sensores remotos tanto ópticas como de radar disponibles para realizar la interpretación, mediante la aplicación de técnicas de procesamiento digital e interpretación visual que permitieron identificar las zonas sometidas a inundaciones. Se emplearon procesos de mejoramiento radiométrico de las imágenes ópticas y se evaluaron índices como el NDVI (Índice Diferencial de Vegetación Normalizado por sus siglas en inglés) (IDEAM 2014).

En consecuencia, el IDEAM presentó unos mapas departamentales (escala 1:100.000) delimitando la influencia de las inundaciones durante las fases de la NIÑA en diferentes épocas, preferencialmente las últimas tres, que fueron especialmente destructivas en Colombia. La Gráfica 162 muestra como las últimas tres fases de la NIÑA para el área de Cúcuta han ido aumentando en intensidad y, por lo tanto, en área de influencia.

Gráfica 162: Inundaciones en el área rural de Cúcuta (sector norte). La grafica muestra como la intensidad de las precipitaciones y por consiguiente, el área de influencia de las inundaciones ha ido aumentando durante las últimos tres fases del fenómeno de la NIÑA.



Fuente: IDEAM 2014

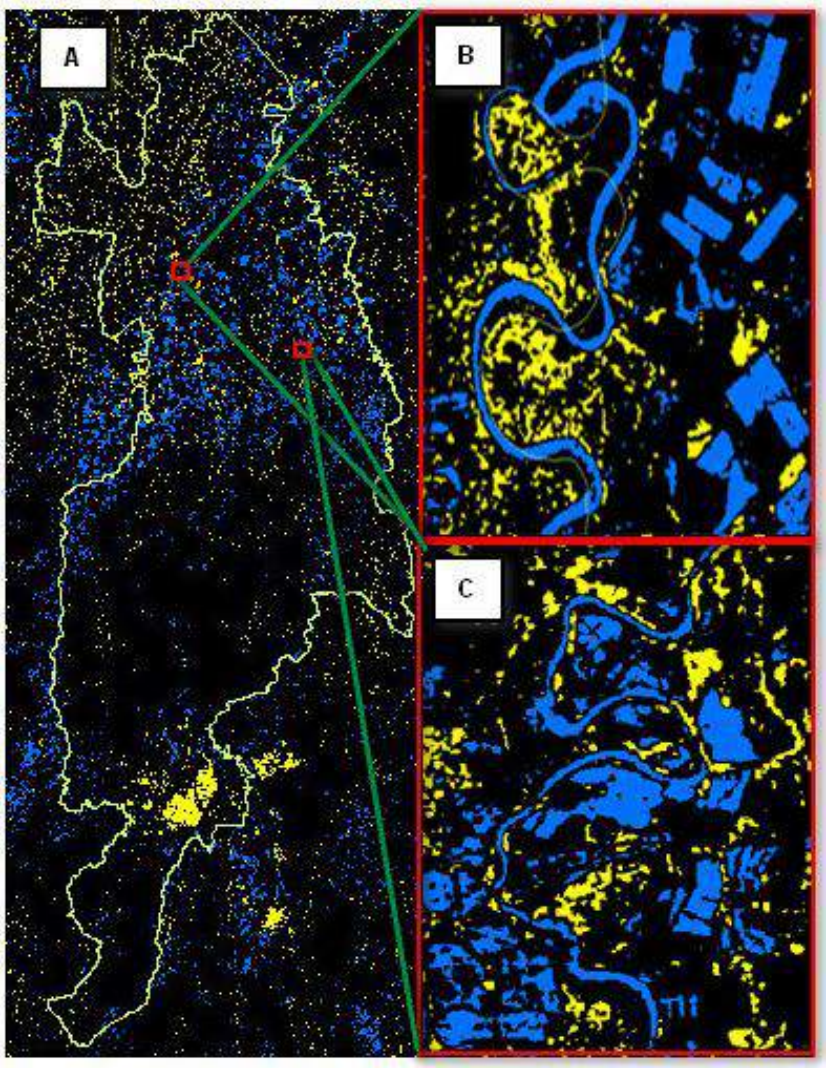
1.1.3.4.2 Zonificación de la amenaza por inundación en el área rural de Cúcuta

El mapa departamental de inundaciones elaborado por el IDEAM a escala 1:100.000 (Gráfica 162) fue fundamental como herramienta para la zonificación en el área rural de Cúcuta, sin embargo, se hizo necesario por parte del equipo consultor del POT, la utilización de imágenes de mejor resolución para la delimitación de las áreas de inundaciones a la escala requerida (1:25.000). En tal sentido, se utilizaron imágenes radiométricas PALSAR. El PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*) es un sistema avanzado de radar de apertura sintética en la banda L, resolución espacial variable de 7 a 100 metros, ángulos de incidencia entre 20 y 55 grados, diferentes modos de polarización vertical y horizontal, ya que posee un modo de polarimetría que es capaz de generar imágenes con polarizaciones HH, HV, VV e VH, y cobertura de área de hasta 70 km por 70 km, que opera a bordo del satélite de la misión ALOS (*Advanced Land Observing System*) o "DAICHI", puesto en órbita en enero de 2004 como parte del programa satelital de monitoreo terrestre de la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA). Las imágenes capturadas por el satélite Japonés ALOS son tomadas por tres diferentes sensores a bordo: VNIR, PRISM *(Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*) y PALSAR. A partir del sensor PALSAR se obtienen las imágenes ALOS PALSAR. Este sensor permite captar escenas a través de las nubes, bruma, niebla o humo, tanto de día como de noche, por lo que se le considera ideal para realizar estudios en áreas tropicales o polares, sobre todo el mapeo de los eventos de inundación con alta precisión.

Las imágenes ALOS/PALSAR utilizadas en el presente estudio son de Banda L (frecuencia 1270 MHz y longitud de onda de 23,4 cm), por lo cual, la señal tiene alta penetración en las capas de vegetación o en el sustrato superficial. Fueron adquiridas dos escenas de polarización HH (ángulo de incidencia 34,3º, órbita ascendente, resolución 12,5 m, área cubierta 68 km x 58 km) de fecha 24/01/2011. Las escenas se calibraron con el software NEST (Agencia Espacial Europea, 2012) y se filtraron mediante un filtro de Lee refinado para reducir el ruido speckle.

En la Gráfica 164 se puede observar lo siguiente: A) Vista general del municipio de Cúcuta. Los colores azules indican las áreas inundadas en la fecha de adquisición de las imágenes, los colores amarillos son efectos del doble rebote en el sensor debido a las áreas boscosas que se mantienen húmedas, las zonas construidas también causan este doble rebote. Las zonas en negro corresponden a terrenos secos B) Sector del rio Zulia donde puede apreciarse el curso normal del rio en color azul, un meandro abandonado en el sector superior izquierdo que se muestra inundado. Las áreas en el sector derecho bien delineadas geométricamente corresponde a áreas de cultivos que han presentado anegación durante las intensas lluvias. En color amarillo los efectos del doble rebote en zonas boscosas que permanecen húmedas después de la inundación. C) Sector de la cuenca del Pamplonita presentando el curso normal del rio en color azul, y las inundaciones a su alrededor en color azul, y en amarillo las áreas boscosas húmedas.

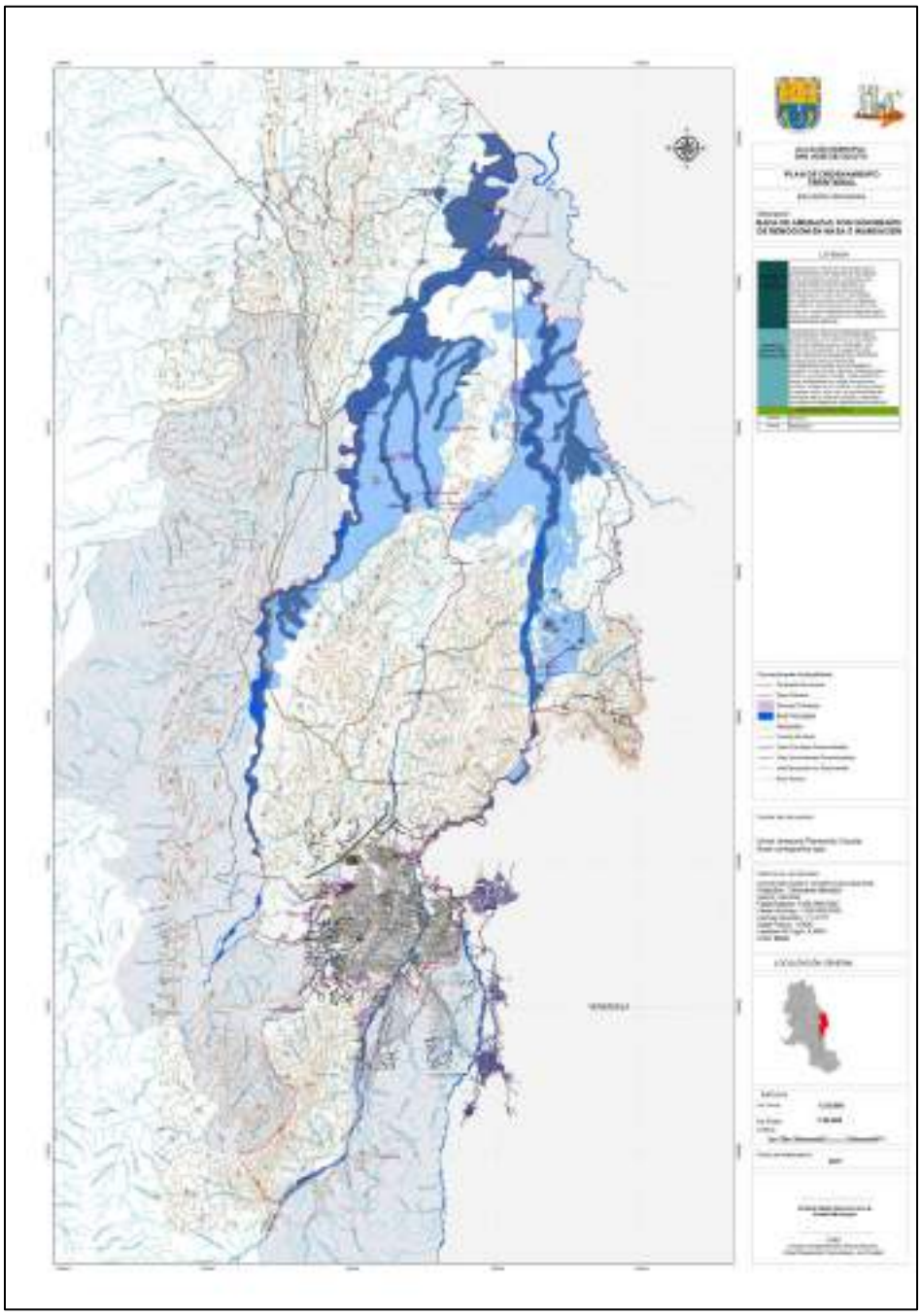
Gráfica 163: Imágenes radiométricas procesadas del satélite ALOS PALSAR



Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017.

En el mapa se puede observar en detalle la delimitación de las áreas con amenaza por inundaciones y que es el resultado de los análisis efectuados en los numerales anteriores.

Mapa 15: Mapa de Amenaza por Inundaciones en el área rural del municipio de Cúcuta.

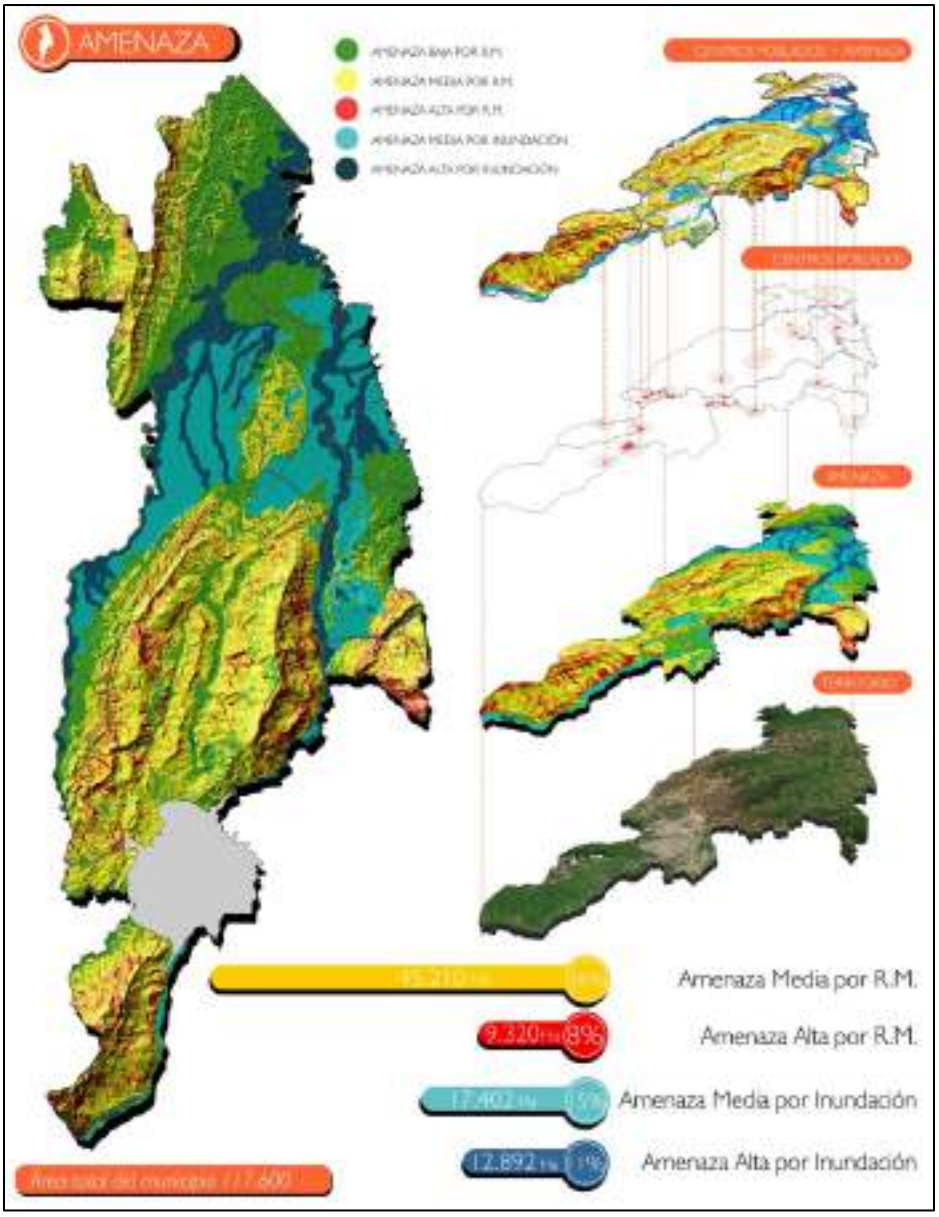


Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta

1.2 MAPA GENERAL DE AMENAZAS

La integración del mapa de amenazas por fenómenos de remoción en masa y el mapa de amenazas por inundaciones, permite ver de forma general la afectación del área rural de Cúcuta en cuanto a procesos naturales amenazantes.

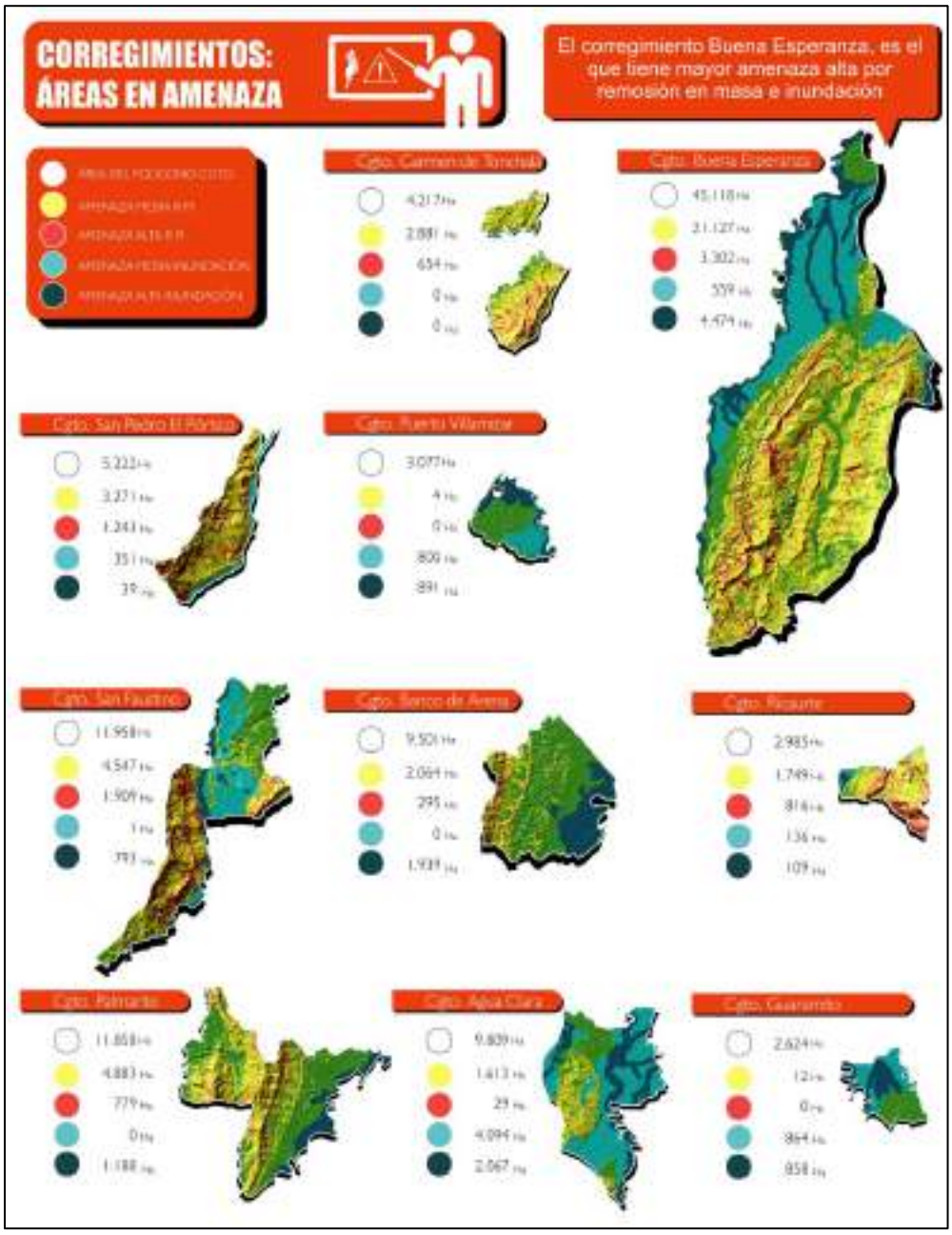
Mapa 16: Mapa General de Amenazas para el área rural de Cúcuta



Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017

La Grafica permite visualizar con detalle los corregimientos afectados por amenazas naturales en el área rural de Cúcuta.

Gráfica 164: Corregimientos en el área rural de Cúcuta afectados por fenómenos de remoción en masa e inundaciones.



Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta 2017

1.3 CONDICION DE RIESGO

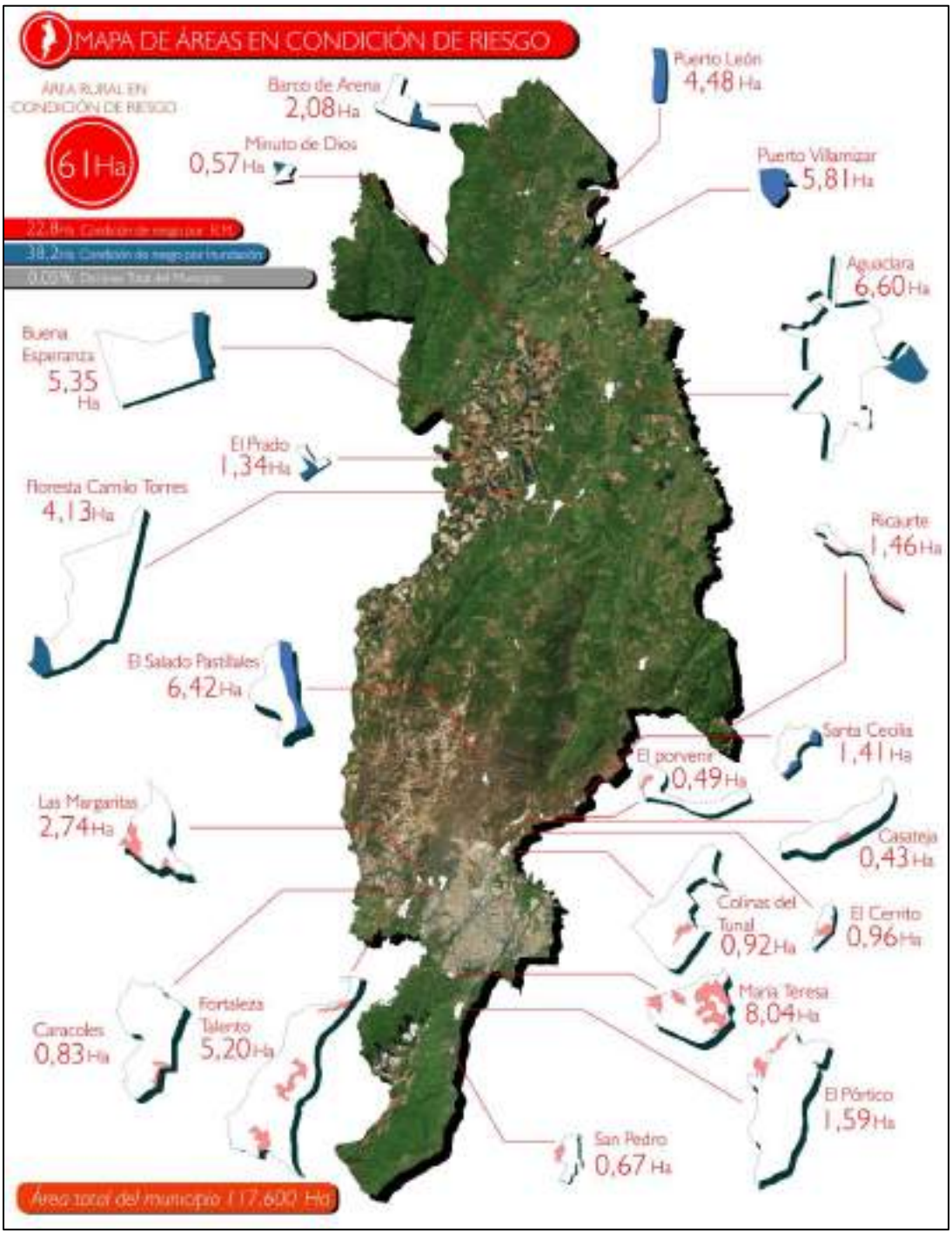
Conforme a lo descrito en el decreto 1807 de 2014, en el que se define la delimitación de las áreas de condición de riesgo como: "*La identificación de las áreas con condición de riesgo se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta en los estudios básicos, con la información cartográfica (predial o catastral, entre otras) disponible que permita identificar la existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales*".

Por lo anterior, se tomaron las zonas de amenaza alta por movimientos en masa e inundaciones y se interpolaron con los centros poblados del área rural del municipio de San José de Cúcuta; donde se establecieron los elementos expuestos a dichas amenazas y posteriormente se estableció la condición de riesgo.

El Mapa 17 permite observar que son 61 Ha de elementos expuestos a amenaza alta por fenómenos de remoción en masa y/o inundaciones, siendo los mas afectados Agua Clara (6.6 Ha) Puerto Villamizar (5.8 Ha), Buena Esperanza (5.35 Ha) Puerto León (4.48), EL Salado (6.42 Ha), Fortaleza y el Talento (5.20 Ha).

Con respecto al área total del municipio 22.8 Ha corresponden a elementos expuestos a alta amenaza por fenómenos de remoción en masa y 38.2 Ha corresponden a elementos expuestos a alta amenaza por inundaciones.

Mapa 17: Áreas con condición de riesgo en los centros poblados del área rural de Cúcuta.



Fuente: Unión Temporal Planeando Cúcuta, 2017

1.4 CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR INCENDIOS

Incendio de la cobertura vegetal Se define como el fuego que se propaga, sin control sobre la cobertura vegetal, cuya quema no estaba prevista (IDEAM, 2011).

Las características intrínsecas de la vegetación y los ecosistemas (carga de combustibles, disposición y combustibilidad), que le brindan cierto grado de probabilidad de incendiarse, propagar y mantener el fuego. Hace parte de la amenaza.

1.4.1 Metodología para la evaluación de la amenaza por incendios

La metodología para la evaluación de la amenaza por incendios forestales se fundamenta en evaluación de cada uno de los componentes del riesgo, aunque esta definición también aplica para cualquier amenaza natural, esto es la amenaza y la vulnerabilidad, a través de una metodología paramétrica, con enfoque espacial apoyada en sistemas de información geográfica, aproximación metodológica que se basa en la ponderación y calificación secuencial de los diversos factores generadores de amenaza y vulnerabilidad a incendios forestales, para así llegar a la identificación del riesgo (IDEAM, 2011).

En la Gráfica 165 se esquematiza el proceso metodológico que permite la evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo a causa de incendios forestales.

Gráfica 165. Metodología para evaluación de la amenaza por incendios forestales.

Fuente: IDEAM, 2011

Una vez definidas las variables de riesgo, es necesario establecer un criterio coherente para integrarlas de la manera más apropiada; para ello las variables deben clasificarse según una escala numérica de riesgo. En muchos casos, la formulación de niveles de riesgo supone un cambio en la naturaleza del dato, por ejemplo, diferentes intervalos de pendiente deberán definirse mediante valores numéricos asociados a un nivel de riesgo específico (bajo, medio, alto), por lo que se deberá pasar de una escala nominal-categórica a otra de naturaleza ordinal. Así mismo, la integración de las variables en un índice único requiere que se pondere cada una de ellas en función de su importancia en la explicación de la ocurrencia del incendio (tomado de IDEAM, 2011).

Teniendo en cuenta que la metodología requiere de la elaboración de síntesis parciales de los diversos factores de riesgo hasta la elaboración de la síntesis final, es necesario utilizar procedimientos cualitativos basados en ponderaciones realizadas por expertos. La opinión de los expertos se ordena mediante la construcción de jerarquías, el establecimiento de prioridades y el análisis matemático de la consistencia lógica de las ponderaciones, empleando un análisis de evaluación multicriterio (Barredo, 1996), con el fin de disminuir la subjetividad al calificar y ponderar cada una de las variables.

La información de entrada para la generación de los mapas de susceptibilidad y de amenazas por incendios forestales corresponde a:

- Mapa de cobertura vegetal
- Mapa de precipitaciones media multianual
- Mapa de temperaturas media multianual
- Mapa histórico o de eventos construido con los eventos reportados de incendios forestales en las bases de datos DesInventar y Sigpad, junto con la información recolectada con la comunidad en los talleres de participación.
- Mapa de pendientes
- Mapa de infraestructura vial.

1.4.2 Factores a tener en cuenta para la susceptibilidad y la amenaza por incendios forestales.

La evaluación de la amenaza se realiza a partir de la zonificación y calificación de los siguientes factores propios del territorio, los cuales le confieren una mayor o menor probabilidad de ser afectados por incendios.

1.4.2.1 Susceptibilidad de la cobertura vegetal

La susceptibilidad de la cobertura vegetal se analiza mediante la identificación y valoración de la condición pirogénica de la vegetación, según lo propuesto en el modelo de combustibles desarrollado para Colombia por Páramo, 2007 (IDEAM, 2011).

El modelo de combustibles representa la condición pirogénica de la vegetación colombiana, aspecto clave en la evaluación del comportamiento de nuestros ecosistemas frente al fuego, tanto en el inicio de un incendio, como en la modelación del comportamiento del fuego, en caso de presentarse eventos de esta índole (IDEAM, 2011).

El modelo de combustibles desarrollado se estructuró mediante una clasificación jerárquica, conformada por los siguientes factores:

- Tipo de combustible vegetal predominante por bioma y ecosistema: tipo de cobertura vegetal y biotipo dominante.
- Duración del tipo de combustible dominante: duración en horas de cada tipo de combustible, definidos en horas de ignición (1 hr, 10 hr, 100 hr).
- Carga total de combustibles: caracterización cualitativa dependiente de la correlación de la altura en metros, cobertura en valores porcentuales, biomasa aérea en Ton/ha y humedad media de la vegetación obtenida a través de una distribución cualitativa de los rangos obtenidos a partir del índice de vegetación NDII. Este último nivel define el modelo de combustible para una determinada unidad de vegetación.

1.4.2.1.1 Susceptibilidad del tipo de combustible

A partir del mapa de cobertura vegetal, se genera una reclasificación mediante la interpretación de los tipos de cobertura, según los tipos de combustibles dominantes, generándose para cada de ellos un valor de calificación de acuerdo con los siguientes cuadros, aplicables al estudio de caso que ejemplifica el protocolo; para cubrimiento nacional los cuadros de reclasificación se presentan en las siguientes tablas (IDEAM, 2011).

Tabla 24. Tipo de combustible según la cobertura predominante

Tipo de Cobertura	Tipo de Combustible Predominante
Afloramientos rocosos	No combustibles
Bosque denso	Arbustos
Bosque fragmentado	Arboles
Bosque de galería y ripario	Arboles
Bosque denso	Arboles
Bosque fragmentado	Arboles
Arbustal	Arbustos
Cuerpos de agua	No combustibles
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Pastos/hierbas
Mosaico de pastos con espacios naturales	Pastos/hierbas
Mosaico de pastos y cultivos	Pastos/hierbas

Mosaico de cultivos	hierbas
Pastos enmalezados	Pastos
Pastos limpios	Pastos
Mosaico de pastos con espacios naturales	Pastos/hierbas
Herbazal	hierbas
Zonas glaciares	No combustibles

Fuente: IDEAM, 2011

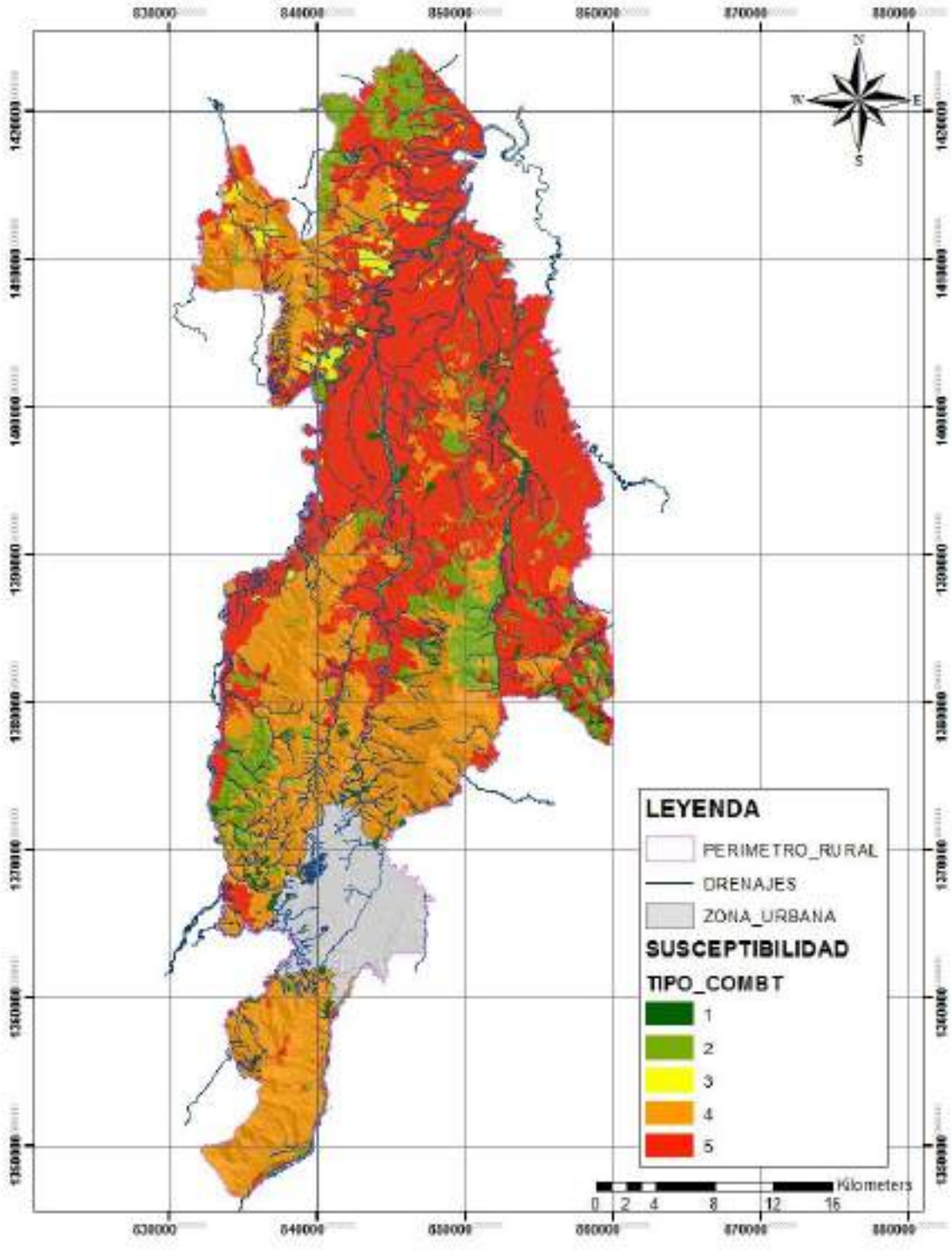
Según esta clasificación de combustibles, se asigna un grado de susceptibilidad formulado en la guía metodológica del IDEAM.

Tabla 25. Categoría de amenaza según el tipo de combustible

Tipo de Combustible	Categoría de Amenaza	Calificación
No combustibles	**Muy Baja**	**1**
Árboles	**Baja**	**2**
Árboles y arbustos	**Moderada**	**3**
Arbustos	**Alta**	**4**
Hierbas		
Pastos/hierbas	**Muy Alta**	**5**
Pastos		

Fuente: IDEAM, 2011

Mapa 18. Susceptibilidad por el tipo de combustible



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

De la anterior figura se tiene que el tipo de combustible corresponde a la reclasificación del material vegetal predominante, en relación con la resistencia que puede tener a la combustión. En el área rural se encuentran la susceptibilidad alta (pertenecientes a vegetación de tipo pastos /hierbas) y muy alta (árboles y arbustos) predominando. Dentro de los factores que más influyen para que se genere un incendio de este tipo está el antrópico, pues en muchas ocasiones el hombre es quien se encarga de propiciar los ambientes para este tipo de fenómenos.

Las zonas de baja y muy baja susceptibilidad según el tipo de cobertura están distribuidas en áreas relativamente pequeñas en toda la zona, con coberturas como bosques de galería o riparios, cuya clasificación obedece principalmente a la humedad de la vegetación y a zonas desnudas donde se destaca la ausencia de cobertura vegetal.

1.4.2.1.2 Susceptibilidad por la duración del combustible

A partir del mapa de cobertura vegetal, se genera una reclasificación mediante la interpretación de los tipos de cobertura, asignando de acuerdo con las coberturas predominantes una calificación según la duración de los combustibles, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 26. Duración del combustible según el tipo de cobertura

Tipo de Cobertura	Tipo de Combustible Predominante
Afloramientos rocosos	No combustibles
Bosque denso	10 horas
Bosque fragmentado	100 horas
Bosque de galería y ripario	100 horas
Bosque denso	100 horas
Bosque fragmentado	100 horas
Arbustal	100 horas
Cuerpos de agua	No combustibles
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1 hora
Mosaico de pastos con espacios naturales	1 hora
Mosaico de pastos y cultivos	1 hora
Mosaico de cultivos	10 horas
Pastos enmalezados	1 hora
Pastos limpios	1 hora
Mosaico de pastos con espacios naturales	1 hora
Herbazal	10 horas
Zonas glaciares	No combustibles

Fuente: IDEAM, 2011

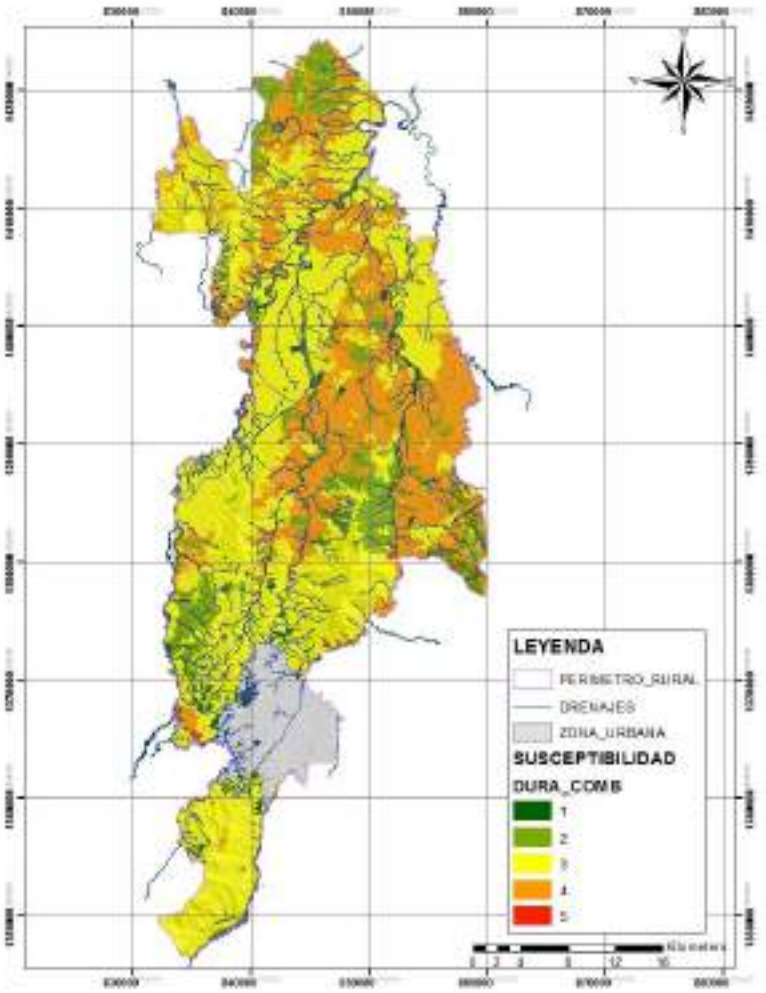
Según la tabla anterior se obtiene un grado de susceptibilidad para cada duración del combustible

Tabla 27. Susceptibilidad para duración del combustible

Duración de Combustibles	Categoría de Amenaza	Calificación
No combustibles	Muy Baja	1
Áreas urbanas	Muy Baja	1
100 horas	Baja	2
10 horas	Moderada	3
1 hora	Alta	4

Fuente: IDEAM, 2011

Mapa 19. Susceptibilidad según la duración del combustible



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La duración del combustible se relaciona con el tiempo que demora determinado tipo de vegetación en caso de presentarse un incendio forestal en consumirse en su totalidad. En general, en la mayor parte de la zona rural del municipio de San José de Cúcuta predomina una duración media del combustible, siendo que predomina la susceptibilidad media, lo que quiere decir que sería complicado controlar un incendio forestal ya que la vegetación es un poco pesada y hace que aumente la intensidad del incendio. Las áreas categorizadas con una susceptibilidad alta según la duración del combustible prevalecen a lo largo de toda la zona rural, predominado coberturas de pastos y cultivos, los cuales son clasificados como combustibles de una hora de duración, siendo estos combustibles de rápida ignición mucho más peligrosos debido a su dificultad a la hora de ser controlados.

Las áreas de susceptibilidad muy baja y baja ubicadas a lo largo de toda la cuenca cerca de cauces fluviales principales, comprenden combustibles de 100 horas de duración debido a la alta

humedad intersticial de los tejidos, alta área foliar y por estar generalmente localizados en zonas con lata humedad ambiental y del suelo (Parra Lara, 2011).

En la Tabla 28 se observa categorizada una muy mínima parte del área con susceptibilidad muy alta para incendios por duración del combustible.

1.4.2.1.3 Susceptibilidad por la carga del combustible

A partir del mapa de cobertura vegetal y de información específica que se tenga sobre la biomasa de los diferentes tipos de cobertura (expresada en toneladas por hectárea) generar una reclasificación de los tipos de cobertura, asignando de acuerdo a las coberturas predominantes y a su contenido de biomasa (carga de combustibles) una calificación de acuerdo a los siguientes cuadros, aplicables al estudio de caso que ejemplifica el protocolo; para cubrimiento nacional los cuadros de reclasificación se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 28. Carga de combustible según el tipo de cobertura natural

Tipo de Cobertura	Carga Total de Combustibles
Afloramientos rocosos	No combustibles
Bosque denso	Moderada
Bosque fragmentado	Muy Alta
Bosque de galería y ripario	Muy Alta
Bosque denso	Muy Alta
Bosque fragmentado	Muy Alta
Arbustal	Muy Alta
Cuerpos de agua	No combustibles
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Moderada
Mosaico de pastos con espacios naturales	Moderada
Mosaico de pastos y cultivos	Moderada
Mosaico de cultivos	Baja
Pastos enmalezados	Baja
Pastos limpios	Baja
Mosaico de pastos con espacios naturales	Moderada
Herbazal	Baja
Zonas glaciares	No combustibles

Fuente: IDEAM, 2011

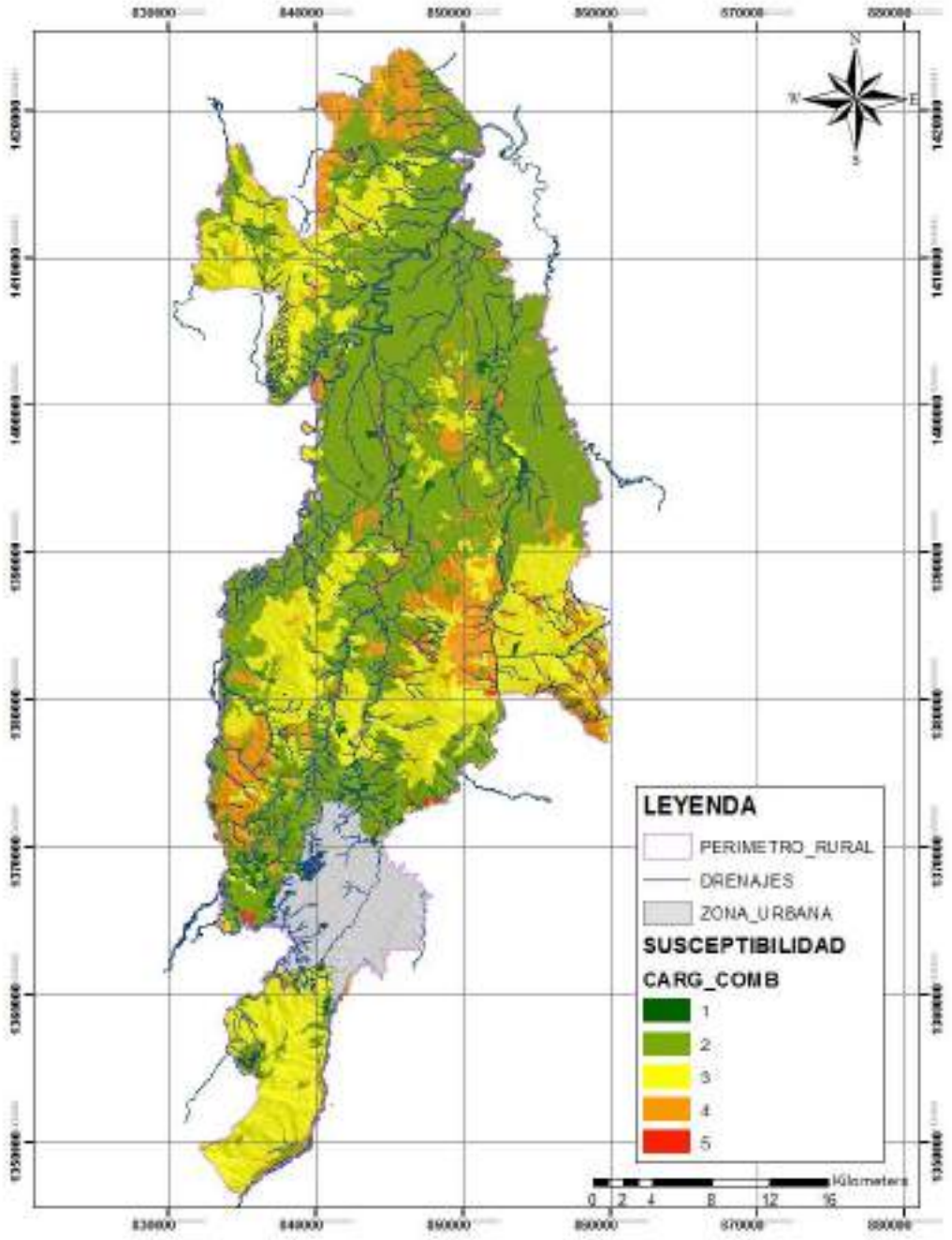
Según la tabla anterior se obtiene un grado de susceptibilidad para cada carga del combustible

Tabla 29. Susceptibilidad según la carga total de combustible

Carga Total de Combustibles	Categoría de Amenaza	Calificación
No combustibles	Muy Baja	1
Áreas urbanas	Muy Baja	1
Baja	Baja	2
Moderada	Moderada	3
Muy alta	Alta	4

Fuente: IDEAM, 2011

Mapa 20. Susceptibilidad según la carga del combustible



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Cuando se habla de la carga total de combustible (CARGCOMB) se refiere al peso aproximado (relacionado con el grado de compactación y continuidad) de cada cobertura vegetal que corresponde al combustible predominante, asociado con sus características de altura, cobertura, biomasa y humedad de la vegetación.

Como se observa en la tabla de categorización de susceptibilidad, en la zona rural predomina la susceptibilidad baja y muy baja, donde las coberturas predominantes son los herbazales, los pastos y la zona urbana, debido al grado de compactación y distribución especial de la vegetación en dichas áreas. La susceptibilidad media aparece donde predominan factores como altura y biomasa de la vegetación presente.

1.4.2.1.4 Susceptibilidad total de la vegetación (de la vegetación por incendios forestales)

Una vez asignadas las respectivas calificaciones y generados los mapas de tipo, duración y carga de combustibles, se procede a la realización del producto entre cada uno de ellos (álgebra de mapas); el resultado obtenido se agrupa posteriormente en 5 categorías mediante una distribución de frecuencias y a cada grupo se le asignó una calificación que varía entre susceptibilidad muy baja (rango menor) a susceptibilidad muy alta (rango mayor), mediante la siguiente ecuación:

$$SUSC= CAL(tc) + CAL(dc) + CAL(ct)$$

Donde:

SUSC: Susceptibilidad de la vegetación (susceptibilidad bruta)

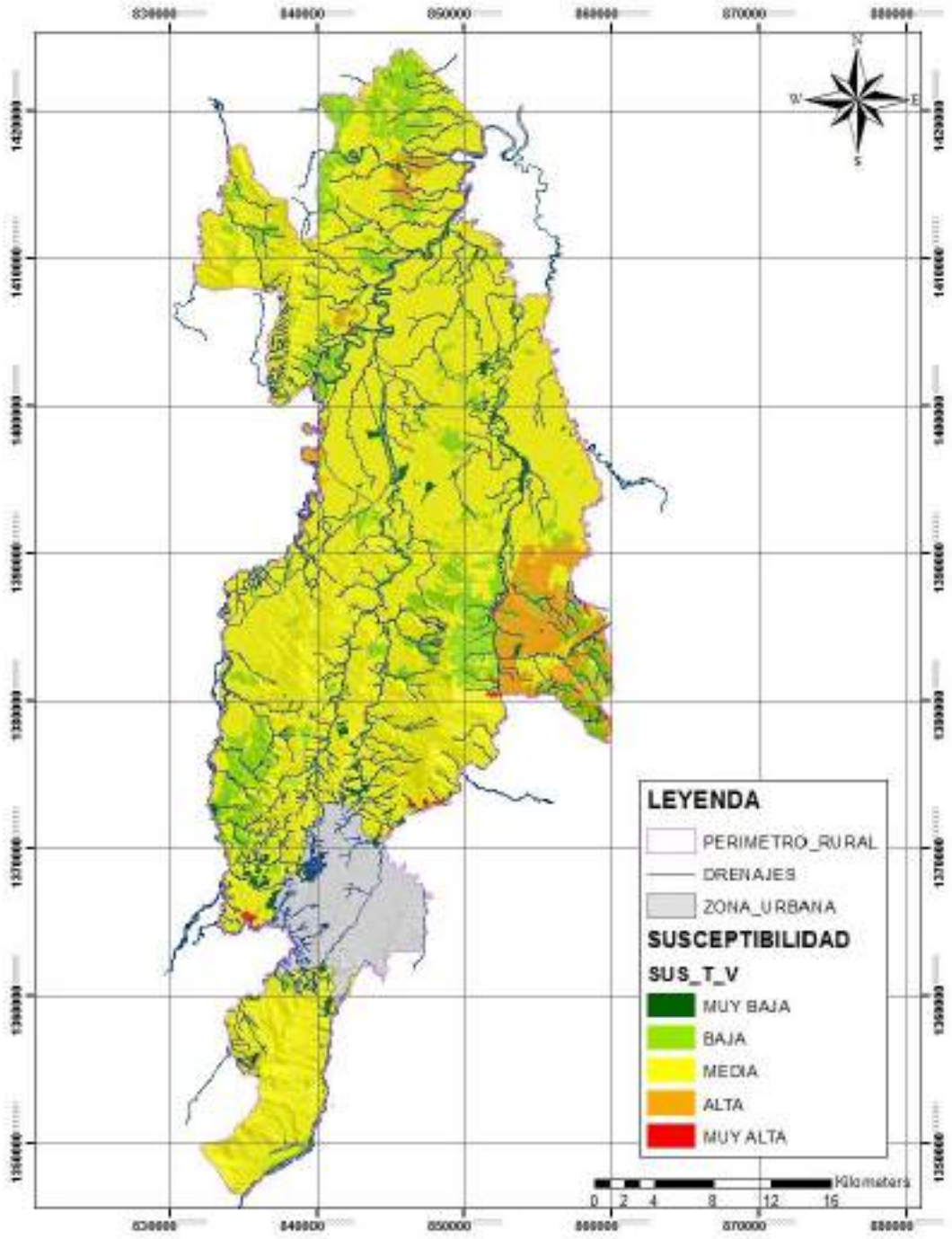
CAL(tc): Calificación por tipo de combustible

CAL(dc): Calificación de la duración de los combustibles

CAL(ct): Calificación de la carga total de combustibles

El resultado es el siguiente mapa de susceptibilidad de incendio de la cobertura vegetal para la zona rural del municipio de San José de Cúcuta:

Mapa 21. Susceptibilidad total por vegetación



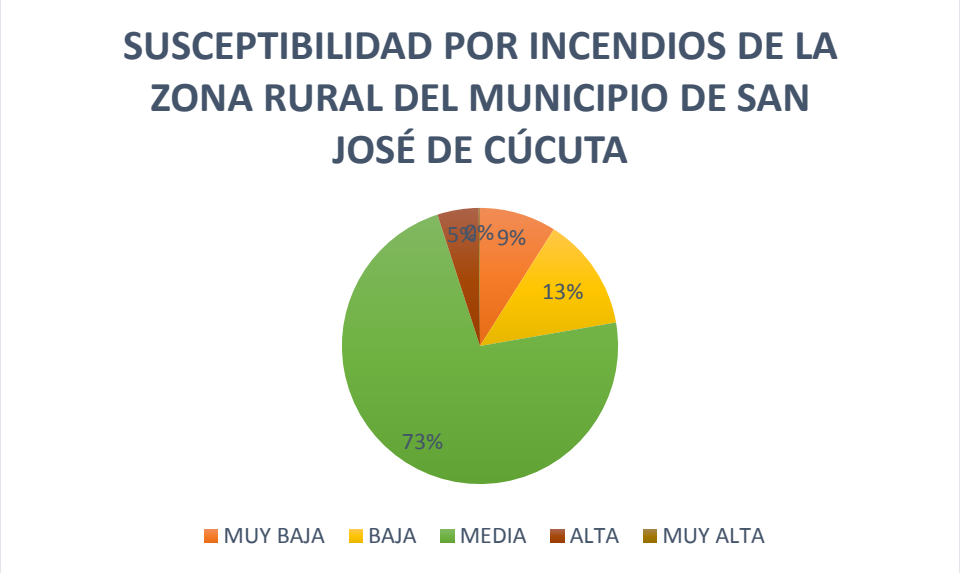
Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Tabla 30. Porcentaje de susceptibilidad para incendios forestales en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta.

SUSCEPTIBILIDAD	%
MUY BAJA	8.98
BAJA	13.29
MEDIA	72.71
ALTA	4.85
MUY ALTA	0.14

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Gráfica 166. Distribución porcentual de las categorías de susceptibilidad por incendios.



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

El resultado del mapa de susceptibilidad de incendios forestales indica que las zonas más propensas a eventos de ignición de la cobertura vegetal (susceptibilidad media) en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta es un área de 82623, 677246 Ha, representando por un 72,71% de toda el área rural. Seguida la susceptibilidad baja con un área de 15106, 109651 Ha, que representan un 13.29 % del área total de la zona, apareciendo en toda la extensión del área. Posteriormente la susceptibilidad muy baja con un área de 10209, 788736 Ha, representando un 9 % del área total de la zona rural. Subsiguiente la susceptibilidad alta con un área de 5515, 795652 Ha, representando tan solo el 5 % del área total de la zona. Por último la susceptibilidad muy alta con un área de 166, 088332 Ha, que representan un 0,1 % del área total de la zona.

1.4.3 Factores climáticos

El clima es uno de los factores de fundamental importancia en la generación y la propagación de los incendios forestales ya que determina la duración y la severidad de las estaciones secas y calurosas en un área geográfica determinada, lo cual influye directamente sobre la humedad y la cantidad de combustible presente, ya que la humedad hace que la vegetación sea más o menos resistente a la afectación del fuego, lo que conlleva a que exista una mayor disponibilidad de combustible de fácil ignición y con mayor probabilidad de ser afectado por el fuego, razones que posicionan las condiciones climáticas como factor de utilización indispensable para la evaluación de la amenaza.

Los factores climáticos de mayor influencia en la generación y propagación de incendios forestales y que se consideran en esta propuesta, son la temperatura media multianual y la precipitación media multianual, bajo condiciones normales y bajo la incidencia de anomalías climáticas como el Fenómeno del Niño. Se considera como información opcional a ser incluida, la relativa a los vientos dominantes y la radiación solar.

1.4.3.1 Precipitación

La precipitación es un factor determinante para la evaluación de amenazas, ya que este interviene directamente sobre la humedad y la cantidad de combustible presente. La humedad permite que una capa vegetal sea más o menos resistente a la generación de procesos de ignición, lo que implica una disponibilidad mayor de un combustible que sea de fácil ignición. Ver Tabla 31.

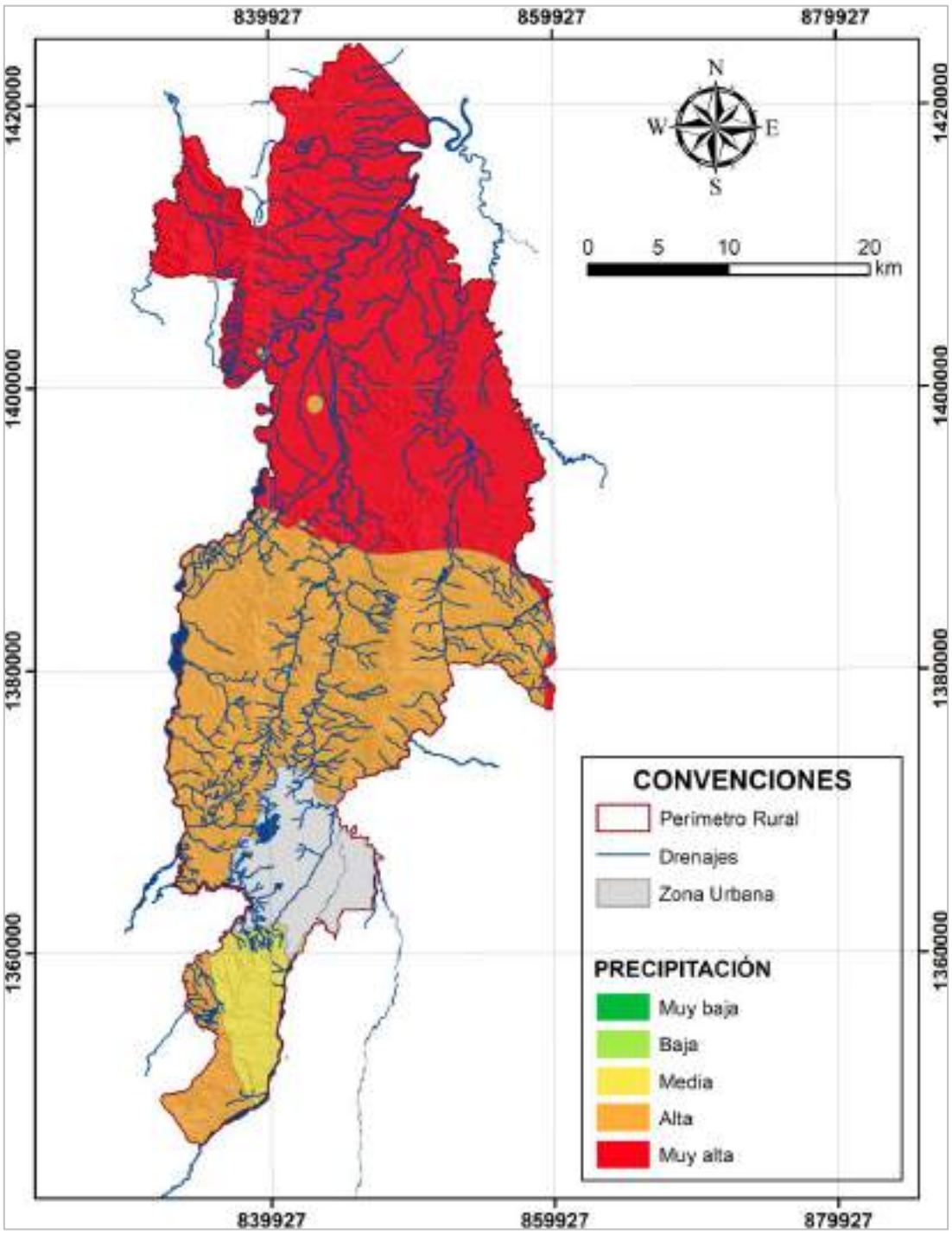
Tabla 31. Clasificación según la precipitación media anual

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Arido	Muy Baja	1
Pluvial		
Muy húmedo	Baja	2
Húmedo	Moderada	3
Seco	Alta	4
Muy seco	Muy Alta	5

Fuente: IDEAM, 2011

El clima es un factor determinante para la evaluación de amenazas, ya que este interviene directamente sobre la humedad y la cantidad de combustible presente. La humedad permite que una capa vegetal sea más o menos resistente a la generación de procesos de ignición, lo que implica una disponibilidad mayor de un combustible que sea de fácil ignición y esto influye en la variación tanto del clima como de temperatura puesto que nos encontramos en la zona ecuatorial y solo se presentan periodos de calor o de lluvias, siendo el periodo de calor el que mas amenaza representa para que se genere un incendio forestal.

Mapa 22. Mapa del factor precipitación



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.4.3.2 Temperatura

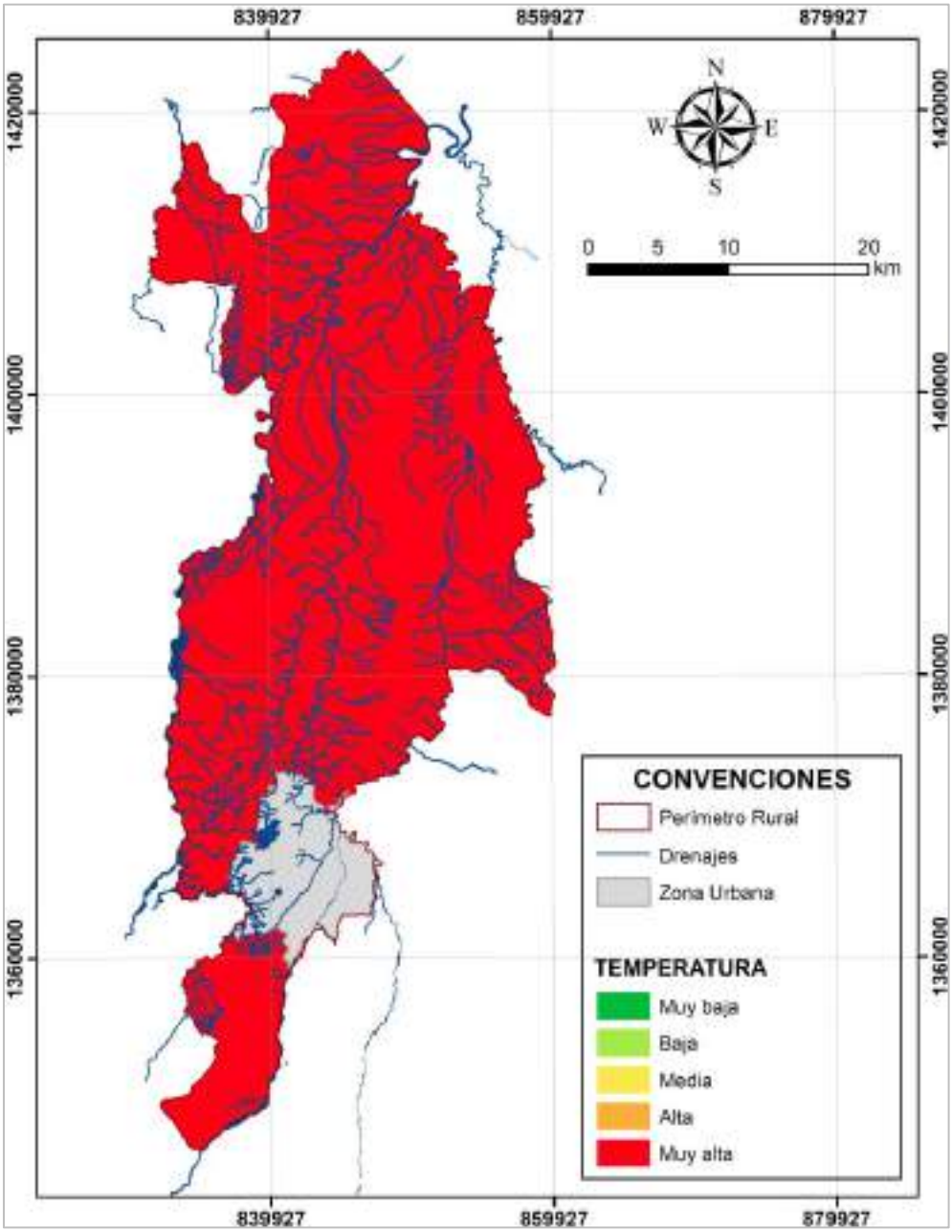
Las altas temperaturas presentan una importante relación con la ocurrencia de incendios (Moreno Rodriguez, Rodriguez-Urbieta, Zabala Espiñeira, & Martín, 2015), e incluida dentro de la amenaza por participar como un factor detonante. La temperatura corresponde a una característica cualitativa que mide el grado de calor, esta variable tiene una alta importancia dentro de la susceptibilidad para incendios forestales debido a que ¨las radiaciones térmicas producidas por su aumento, al llegar a una longitud de onda determinada, producen un fenómeno luminoso que se conoce como "llama" (Dirección General de Protección Civil y emergencias - España). Esta variable se trabaja sobre la temperatura media anual de acuerdo con la disponibilidad de información.

Tabla 32. Calificación según la temperatura media

TEMPERATURA MEDIA ANUAL	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Nival	Muy Baja	1
Extremadamente Frío		
Muy Frío	Baja	2
Frío	Moderada	3
Templado	Alta	4
Cálido	Muy Alta	5

Fuente: IDEAM, 2011

Mapa 23. Mapa del factor temperatura



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.4.4 Factor de relieve

1.4.4.1 Pendientes

La propagación del fuego aumenta con el ángulo que ofrece la superficie, la propagación a favor de la pendiente es rápida y peligrosa. Los incendios no ocurren al azar, sino que son más frecuentes en ciertas posiciones topográficas (IDEAM, 2011).

Con el propósito de incorporar este factor en la evaluación de la amenaza, es pertinente elaborar un mapa de pendientes a partir de la elaboración de un modelo digital del terreno (IDEAM, 2011).

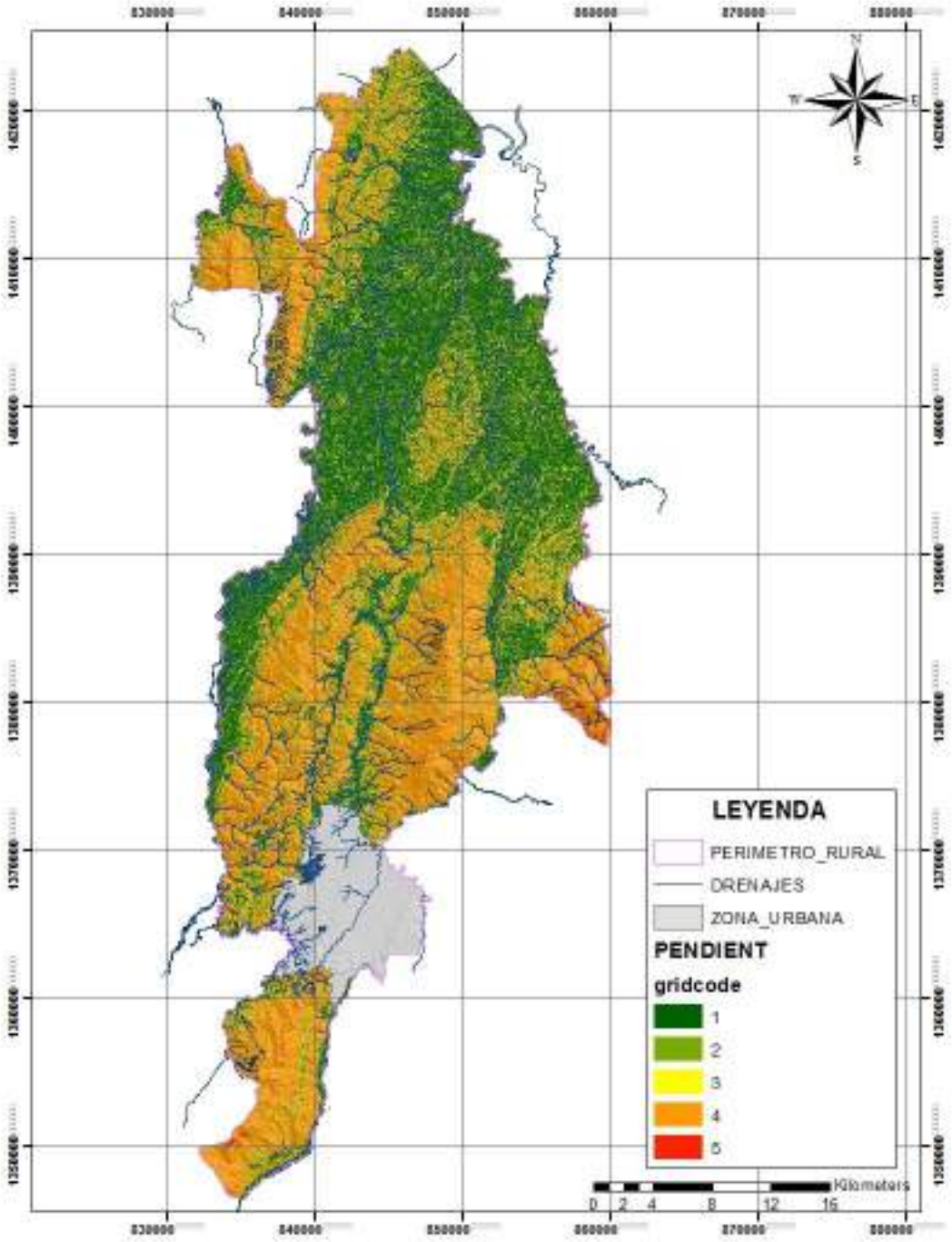
El mapa de pendientes en porcentaje se reclasifica y se le asigna una clasificación según el siguiente cuadro.

Tabla 33. Categoría de amenaza según la pendiente

Pendiente %	Categoría de Amenaza	Calificación
0-7	Muy Baja	1
07-12	Muy Baja	1
12-15	Baja	2
25-75	Moderada	3
> 75	Alta	4

Fuente: IDEAM, 2011

Mapa 24. Amenaza según las pendientes



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, en el área de studio predomina la amenaza por pendientes muy baja en las zonas donde el terreno está dominado por las planicies de inundación de los principales afluentes de la zona que son el Río Pamplonita, el río Zulia y al límite con Venezuela el río Táchira. Hacia el Centro- Sur del área de estudio predomina la amenaza moderada- alta, donde aparecen zonas escarpadas sobre el Cerro Tasajero que es una de las principales geoformas de la zona.

1.4.5 Accesibilidad

Se estima que un 95% de los incendios en Colombia se originan por causas antrópicas, derivadas del desarrollo de prácticas como la roza y quema en procesos agropecuarios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2000), el descuido en actividades diarias (como fumadores, fogatas, pólvora y cacería de animales), accidentes (caída o roce de líneas eléctricas sobre materiales combustibles), y atentados terroristas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002), de manera que constituyen importantes fuentes de ignición para la generación de incendios, por lo tanto se tienen en cuenta las siguientes variables establecidas en el protocolo.

1.4.5.1 Distancia a vías

La Distancia a vías (DISTVIAS) corresponde a las zonas en las que por el paso de las vías se concibe presencia antrópica por la facilidad de acceso que genera, y el área es determinada mediante la obtención de la densidad vial de acuerdo con la influencia que esta presenta para cada pixel. adicionalmente se tiene en cuenta el tipo de vía, siendo las vías primarias más favorables a la ocurrenica de incendios forestales que las secundarias. Del mismo modo, se asignó un peso de 5 a las de más alta categoría y disminuyendo una unidad por cada tipo. Este factor se considera parte de la amenaza, debido a que aumenta la probabilidad de que la población pueda llegar a las áreas de cobertura vegetal y generar focos de incendio. Ver Tabla 34.

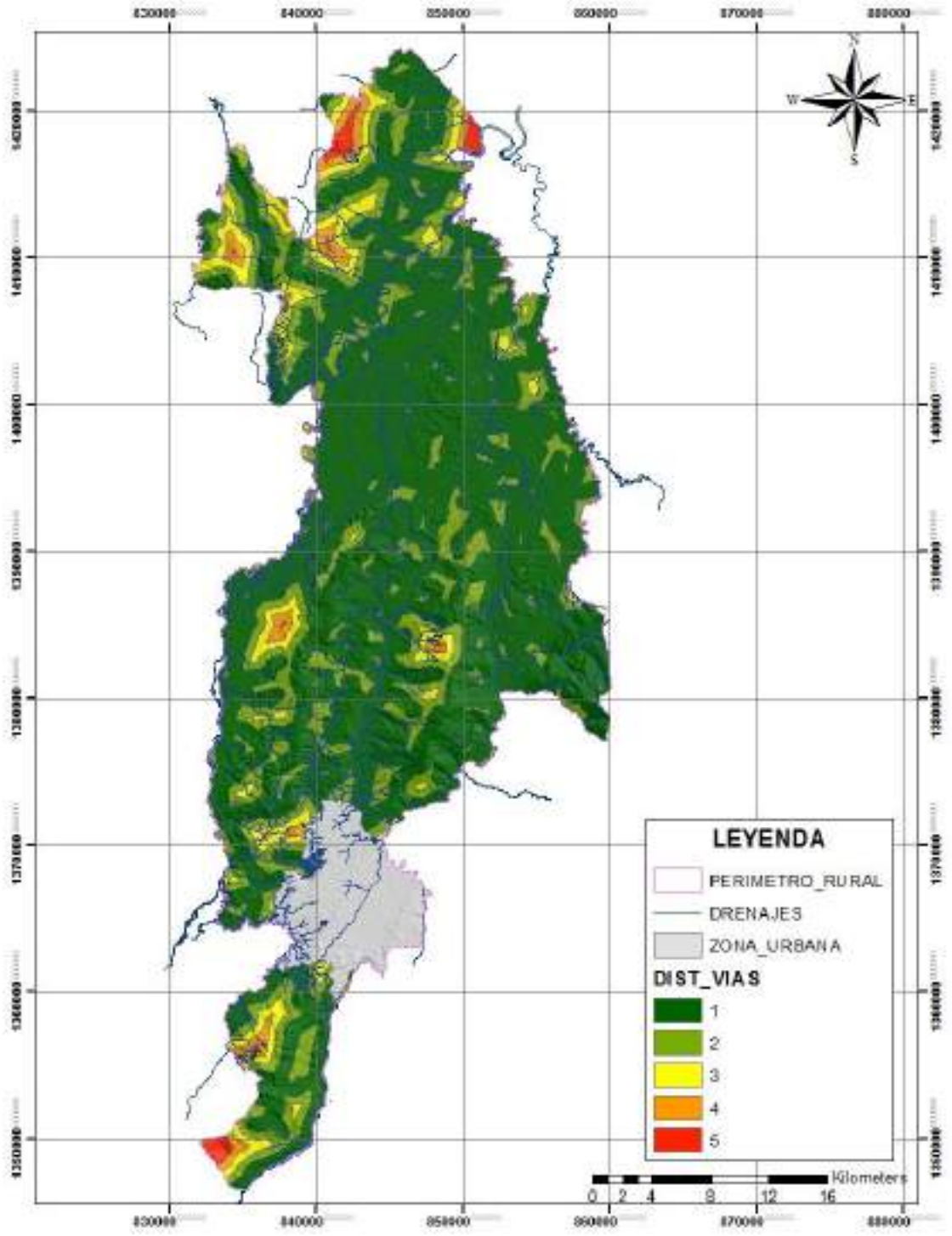
Tabla 34. Categoria de amenazas según la accesibilidad

Distancia a las vías (m)	Categoría de Amenaza	Calificación
Más de 2000	Muy Baja	1
2000 – 1500	Baja	2
1500 – 1000	Moderada	3
1000 – 500	Alta	4
< 500	Muy Alta	5

Fuente: IDEAM, 2011

Según la clasificación anterior, se obtuvo el siguiente mapa:.

Mapa 25. Amenaza por incendios según la accesibilidad



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

La amenaza para incendios forestales según la distancia a vías en la zona rural del municipio de San José de Cúcuta se focaliza sobre las vías: Astilleros- Tibú, Cúcuta- Puerto Santander, via al Carmen de Tonchalá, Ocaña- Cúcuta y en la vía que conduce de Cúcuta al Zulia, siendo estas las vías principales que por influencia antrópica representan el mayor riesgo de generar incendios forestales. La vía Ocaña- Cúcuta es una de las vías con mayor influencia puesto que durante el trabajo desarrollado se pudo verificar que se realizan frecuentemente manifestaciones por parte de los pobladores, así mismo la zona está dominada por grupos al margen de la ley que en muchos casos promueven incendios sobre la vía, lo que podría conllevar a generar incendios forestales.

1.4.6 Frecuencia de incendios

A partir de la información de estadísticas históricas sobre incendios que se tengan a nivel regional y/o municipal el siguiente paso, consiste en el cálculo de los índices de frecuencia y causalidad de dichos fenómenos (IDEAM, 2011).

El análisis de la frecuencia-causalidad, se realizan mediante la aplicación de las ecuaciones que se presentan a continuación (IDEAM, 2011):

$$\boldsymbol{Fi}= \frac{1}{a} \sum_1^a ni$$

$$\boldsymbol{Ci}= \frac{1}{a} \sum_1^a \frac{\sum_1^a Cnic}{ni}$$

Donde

Fi : Frecuencia de incendio

a: Número de años

ni: Número de incendios de cada año

Ci: Índice de causalidad

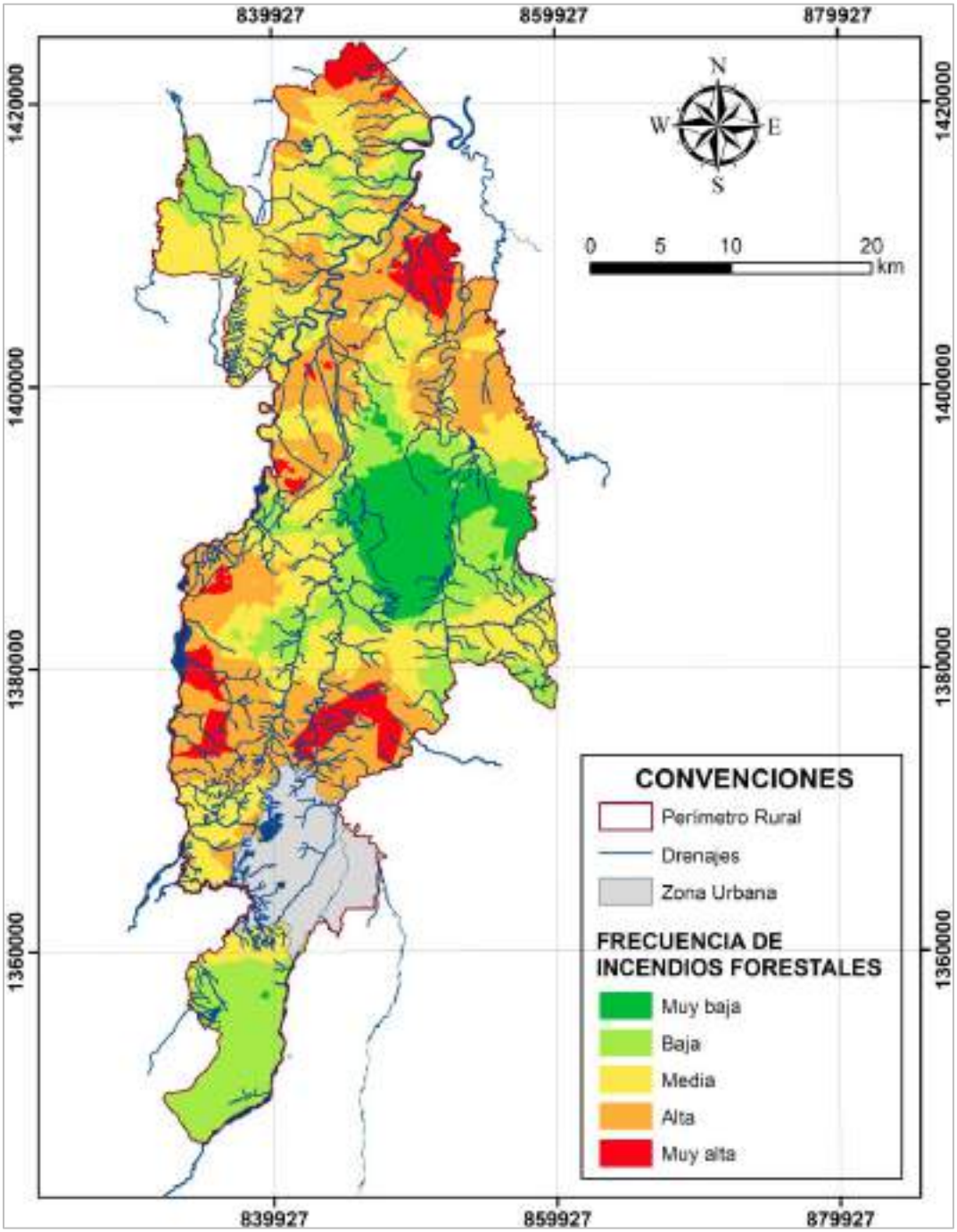
C: Causa específica de cada incendio

nic: Número de incendios por cada causa por cada año.

Una vez calculado los dos índices presentados, se procede a realizar la normalización de los datos y su posterior calificación y categorización.

A continuación, se puede ver el mapa de Frecuencia de Incendios Forestales:

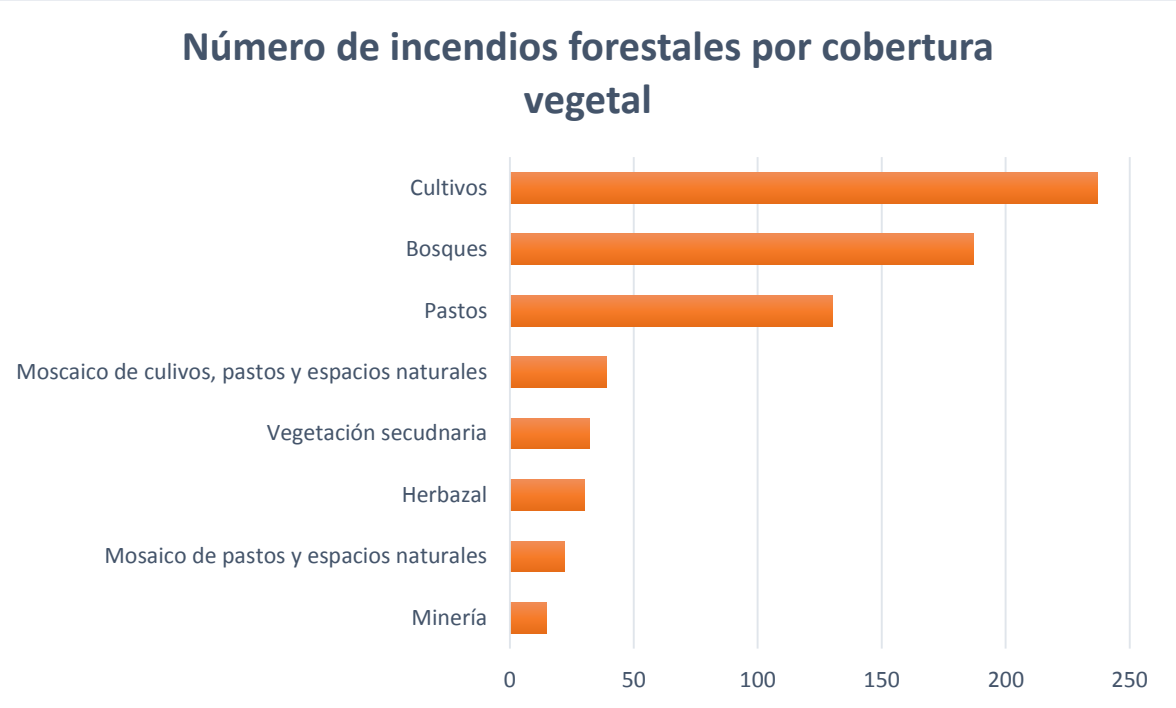
Mapa 26. Frecuencia de Incendios Forestales



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

En la siguiente gráfica se puede observar cómo los históricos de incendios están relacionados principalmente a cultivos, bosques y pastos; lo cual afectará a la zonificación de la amenaza.

Gráfica 167. Número de incendios forestales por cobertura vegetal



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.4.7 Zonificación y análisis de la amenaza por incendios forestales

La Amenaza significa el peligro latente que existe a la posibilidad que se manifieste un fenómeno en un territorio en particular, para el caso, el incendio de la cobertura vegetal. Esta Amenaza puede ser de originada por causas naturales, socio-naturales y antrópicas, pueden producir efectos adversos que afectan a las personas, los bienes y servicios, la infraestructura, la producción y el ambiente (IDEAM, 2011).

A partir de la ponderación de los factores mencionados, se procede a realizar la suma algebraica de los mapas generados para obtener la amenaza total por incendios forestales a partir de la siguiente expresión (IDEAM, 2011):

$$A_T = S_v * 0{,}30 + Pr * 0{,}20 + T * 0{,}20\ P * 0{,}08 + F * 0{,}20 + A * 0{,}02$$

Donde:

A_T = Amenaza total por Incendios Forestales

S_v = Susceptibilidad de la vegetación

Pr = Precipitación

T = Temperatura

P = Pendientes

F = Frecuencia de incendios

A = Accesibilidad

Subsiguiente al proceso anterior, se normaliza la ponderación de los factores y se agrupa los valores normalizados en categorías de amenazas. Finalmente se reclasifica las categorías para obtener el Mapa de Amenaza por Incendios Forestales (IDEAM, 2011) como se representa en el Mapa 27.

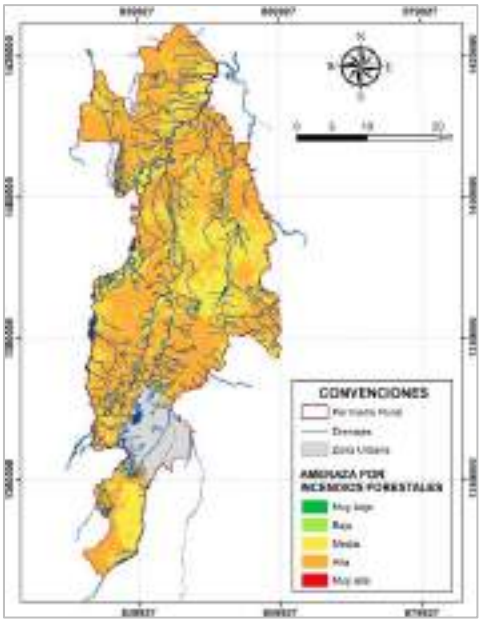
Según el mapa referenciado se estableció las siguientes categorías:

Tabla 35. Categorización de la Amenaza por Incendios Forestales

CATEGORÍA		RANGO	ÁREA [ha]	PORCENTAJE (%)
	MUY BAJA	0-1	0,00	0,00
	BAJA	1-2	3875,89	3,41
	MEDIA	2-3	44449,71	39,12
	ALTA	3-4	65254,08	57,43
	MUY ALTA	Mayores a 4	41,78	0.04

Fuente: IDEAM, 2011

Mapa 27. Amenaza por Incendios Forestales



Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.4.8 Avenidas torrenciales.

Las avenidas torrenciales también denominadas crecientes, avalanchas o crecidas, son un tipo de movimiento en masa que se desplaza generalmente por los cauces de las quebradas, llegando a transportar volúmenes importantes de sedimentos o escombros, con altas velocidades que pueden ser peligrosas para los habitantes e infraestructura ubicados en las zonas de acumulación (Caballero, 2011). Estas representan una amenaza muy común en cuencas de alta montaña (por encima de los 3000 msnm) y se originan comúnmente en ríos de montaña o en ríos cuyas cuencas presentan fuertes vertientes por efecto de fenómenos hidrometeorológicos intensos cuando en un evento de lluvias se superan valores de precipitación pico en pocas horas.

Para que una cuenca o microcuenca presente peligrosidad por avenidas torrenciales deben cumplirse ciertas características que hacen que esta sea susceptible a este tipo de fenómenos, como son:

- Cuencas jóvenes y pequeñas, menores a 20.000 Ha.
- Cuencas en regiones montañosas y escarpadas.
- Alta pendiente media de la cuenca.
- Gran capacidad de socavación y de incisión del cauce.
- Material susceptible de ser transportado por la acción de los cauces (Depósitos inconsolidados).
- Capacidad de transporte de material heterométrico.
- Cuencas con valles o cañones estrechos en V.
- Variabilidad en del caudal máximo y mínimo en la cuenca.
- Geoforma alargada de la cuenca.
- Gran variación en los valores pico de precipitación.
- Alta susceptibilidad ante procesos de remoción en masa.

Para identificar la posibilidad de ocurrencia de avenidas torrenciales en el área rural de Cúcuta, se buscaron en primer lugar, estudios correspondientes a avenidas torrenciales, estudios hidrológicos, cartografía, imágenes de satélite, fotografías aéreas etc, con el objetivo de documentar eventos históricos. En esta fase no se generaron resultados que conlleven a concluir que se han desarrollado este tipo de procesos con las características de avenida torrencial en la zona de estudio. Por lo anterior, se utilizaron como insumos para el análisis, el mapa de sub-unidades geomorfológicas a escala 1:25000 de la zona norte (Gráfica 108), zona centro (Gráfica 116) y zona sur (Gráfica 132) del área rural del municipio

Durante la etapa de campo se buscó identificar los elementos geomorfológicos asociados a la ocurrencia de avenidas torrenciales. Luego del desarrollo de esta fase en el área rural del municipio, no se encontraron evidencias de eventos históricos recientes que puedan sugerir que corresponden a depósitos de avenidas torrenciales.

Por último, se realizó un análisis de la información obtenida como, geomorfología, imágenes de satélite, imágenes de google earth, inventario de movimientos por procesos de remoción en masa, así como la utilización de un modelo elevación digital de 12.5 metros de resolución con el objetivo de zonificar microcuencas y determinar sus variables morfométricas (área de la cuenca y longitud del cauce, diferencia de alturas entre otros), que fueron utilizados para calcular índices morfométricos de las mismas (Tabla 36), esto con el fin de descartar o interpretar la posibilidad de avenidas torrenciales ante las nulas evidencias de campo y de registros históricos.

Tabla 36 Variables Morfométricas.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	SIMBOLO / FORMULA	UNIDAD
Área	El área de una cuenca es el área plana en proyección horizontal, encerrada por su divisoria.	A	Hectáreas (Ha)
Perímetro	Es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende de la superficie y la forma de la cuenca.	P	Km
Coeficiente de Compacidad	Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.	$Kc=0{,}28\frac{P}{\sqrt{A}}$	
Pendiente media de la cuenca	Según Heras (1972), es la media ponderada de todas las pendientes correspondientes a áreas elementales en las que se puede considerar constante la	$J=\frac{\mathrm{Hmax}-\mathrm{HminL}}{L}*100$	%

	máxima pendiente.		
Densidad de Drenaje	Fue definida por Horton (1945), como el cociente entre la longitud total de los canales de flujo pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca. Es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero y, a mayor densidad de drenaje más dominante, es el flujo en el cauce frente al flujo en ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y, por tanto, un menor tiempo al pico del hidrograma.	$D=\frac{\Sigma Li}{A}$ ΣLi=*Sumatoria de las longitudes de los cursos agua de la cuenca*	(Km-1)
Cota Mayor	Es la mayor altura a la cual se encuentra la divisoria de la cuenca (msnm).	CM	m
Cota Menor	Es la cota sobre la cual la cuenca entrega sus aguas a un cauce superior (msnm).	Cm	M
Índice de Melton	Este índice se usa para diferenciar cuencas, basándose en la dinámica de sedimentos. Es decir, mediante el uso del modelo de elevación digital, se diferencian las cuencas susceptibles de producir flujos de detritos y las cuencas que solo producen crecidas sin sedimentos.	IM = (H max – H min) × $A^{-0,5}$	
Longitud de Cauce	Línea recta más larga desde la salida de captación, hasta el límite de captación	L	Km
Relieve	Diferencia de elevación entre el punto más alto y el más bajo de la microcuenca	r	km
Proporción de Relieve	Cociente entre el relieve y la longitud de cauce	R=r/L	

Fuente: Proceso del Ciclo Hidrológico (Campos 1998).

1.4.8.1 Morfometría de las microcuencas.

La zona de estudio hace parte del flanco este de la cordillera oriental con un dominio estructural conformado por pliegues que alcanzan una altitud máxima de 1750 m.s.n.m. como el Cerro Tasajero y el flanco oriental del sinclinal del Zulia, entro otros, y alturas mínimas de 50 m.s.n.m. que corresponden a las llanuras aluviales de los ríos Zulia, Pamplonita y Guaramito principalmente.

Las características físicas de una microcuenca se relacionan con el comportamiento de los drenajes y caudales que están presentes en la misma, esta relación busca por medio de los índices morfométricos, encontrar parámetros que permiten descartar o modelar zonas de ocurrencia de avenidas torrenciales

Para el presente estudio se analizaron 77 microcuencas que drenan principalmente hacia el rio Zulia, Pamplonita y la quebrada La Floresta (Tabla 37). Esto con el fin de hallar los diferentes

índices morfométricos de las cuencas para poder evaluar la ocurrencia de un evento de avenida torrencial en el área rural del municipio de Cúcuta. El criterio para analizar estas microcuencas se basa en la comparación del índice de Melton, relieve, el coeficiente de compacidad, longitud del cauce y proporción de relieve.

Tabla 37 Microcuencas zonificadas del área rural del municipio de Cúcuta.

MICROCUENCA	ÁREA (Ha)	PERIMETRO (Km)
10-Z-(Q CAÑO COLORADO)	231,438841	7,404841
11-Z	260,439698	7,364469
12-Z-(Q LA CASTELLANA)	289,480105	7,24409
13-Z-(Q ARENOSITA)	360,647193	7,639353
14-Z-(Q LA ARENOSA)	435,738945	10,04319
15-Z	131,324326	4,808192
16-Z	138,035503	5,214832
17-Z	33,923009	3,053113
18-Z	256,997756	7,207257
19-Z	203,781261	6,680102
1-Z-(Q SANTA ROSA)	205,543315	6,00272
20-Z	414,816961	8,854863
21-Z	142,159721	6,119688
22-Z	182,427967	6,842053
23-Z	223,654488	6,747594
24-Z(Q EL ARCO)	432,492327	9,442145
25-Z-(Q CAMPO ALEGRE)	430,716633	9,504137
26-Z-(Q LOS CANEOS)	277,962097	10,204033
27-Z-(Q LA CARBONERA)	320,132713	10,374147
28-Z-(Q 71)	693,180097	11,90819
29-Z-(Q EL TAMBOR)	312,052068	9,81193
2-Z	316,565386	7,974918
30-Z-(Q LA BEJUCA)	955,014015	13,275513
31-Z	230,951948	7,208605
32-Z-(Q ORIPAYERA)	646,821427	11,479943
33-Z	449,230807	11,205576
34-Z-(Q LA CURVA)	390,509155	9,153025
35-Z-(Q CAÑO LORA)	394,275283	8,147086
36-Z	302,257688	7,558708
37-P	229,033934	6,687198
38-P	215,674136	6,968303
39-P-(Q EL NARANJITO)	259,269201	6,982974

3-Z-(Q LA POTREÑA)	559,614221	11,653667
40-P	263,425108	7,177093
41-P-(Q LA PERIQUERA)	284,28425	8,815453
42-P-(Q LA CORRALERA)	274,350461	7,93667
43-P-(Q LA CARBONERA)	377,030213	8,433211
44-P-(Q LA GUADAUA)	297,734946	7,994568
45-P-(Q EL MADRO)	507,104901	8,970424
46-P-(Q TIO JOSE)	442,968916	8,730564
47-P-(Q VIAGALA)	159,843875	5,338066
48-P-(Q CAÑO JAGUALA)	193,477926	6,825497
49-P-(Q CAÑO EL OJITO)	296,707615	6,937459
4-Z-(Q JARDINERA)	469,321462	9,605161
50-P-(Q DON PEDRO)	1690,46622	17,463953
51-P-(Q LAS BLANQUITAS)	1508,93687	17,787987
52-P-(Q LA FAUSTINERA)	891,161598	14,033864
53-P(Q LA SOLEDAD-LA CHINA)	766,387236	12,223081
5-Z	395,926666	10,871324
6-Z	607,743597	12,944488
7-Z-(Q LA ARENOSA)	363,647022	9,022207
8-Z-(Q LAS GUADUAS)	508,296403	12,154921
9-Z-(Q VENTANITAS)	216,11687	7,219901
Quebrada La Encañada	318,632754	9,445083
Quebrada el Silencio	467,227933	9,950012
Quebrada La Portada	259,745088	7,07448
Quebrada Canoas	524,692234	10,074973
Sur San Pedro 2	137,205081	5,87409
Quebrada Seca	530,654546	10,535945
Quebrada Potreritos	466,635012	10,245867
Q. Calicanto	221,337096	7,452448
San Pedro Centro Poblado	121,972698	6,51977
Q. Norte de San Pedro	212,074578	6,631118
Q. Seca	203,684222	7,386491
Q. Portico	171,505944	6,027294
Q. La Voladora	350,933315	9,913641
Q. Pulida	347,222959	10,345607
Q Guacheseco	287,452025	8,9721
Q. La Tigra	107,798257	6,101339
Q. Barrancos	352,959242	9,313381
Caño Nevera	276,057652	7,81454
Caño Porteña	540,368265	9,420683
Caño León	519,047169	8,912827

Q nn2	178,41686	5,77894
Q Brisas	281,123018	7,581366
Qnn1	208,591525	6,747683
Q. Zarzana	102,704433	5,004175

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.4.8.2 Índice de Melton

Este índice se usa para diferenciar cuencas, basándose en la dinámica de sedimentos. Es decir, mediante el uso del modelo de elevación digital, se diferencian las cuencas susceptibles de producir flujos de detritos y las cuencas que solo producen crecidas sin sedimentos. Este índice se utilizó como índice de torrencialidad. Para cada microcuenca se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Melton} = (\text{H max} - \text{H min}) \times A^{-0,5}$$

Donde Hmax y Hmin (en km) son la cota de altura máxima y mínima de la microcuenca y, A es el área de la microcuenca expresada en km.

Una microcuenca puede llegar a presentar torrencialidad cuando el índice de Melton presenta valores superiores a 0.6 (Wilford *et al*, 2004). Sin embargo en este tipo de procesos intervienen otros factores que serán analizados posteriormente en conjunto ya que para el presente estudio una microcuenca de las 77 presentó valores que superaron a 0,6.

1.4.8.3 Coeficiente de Compacidad

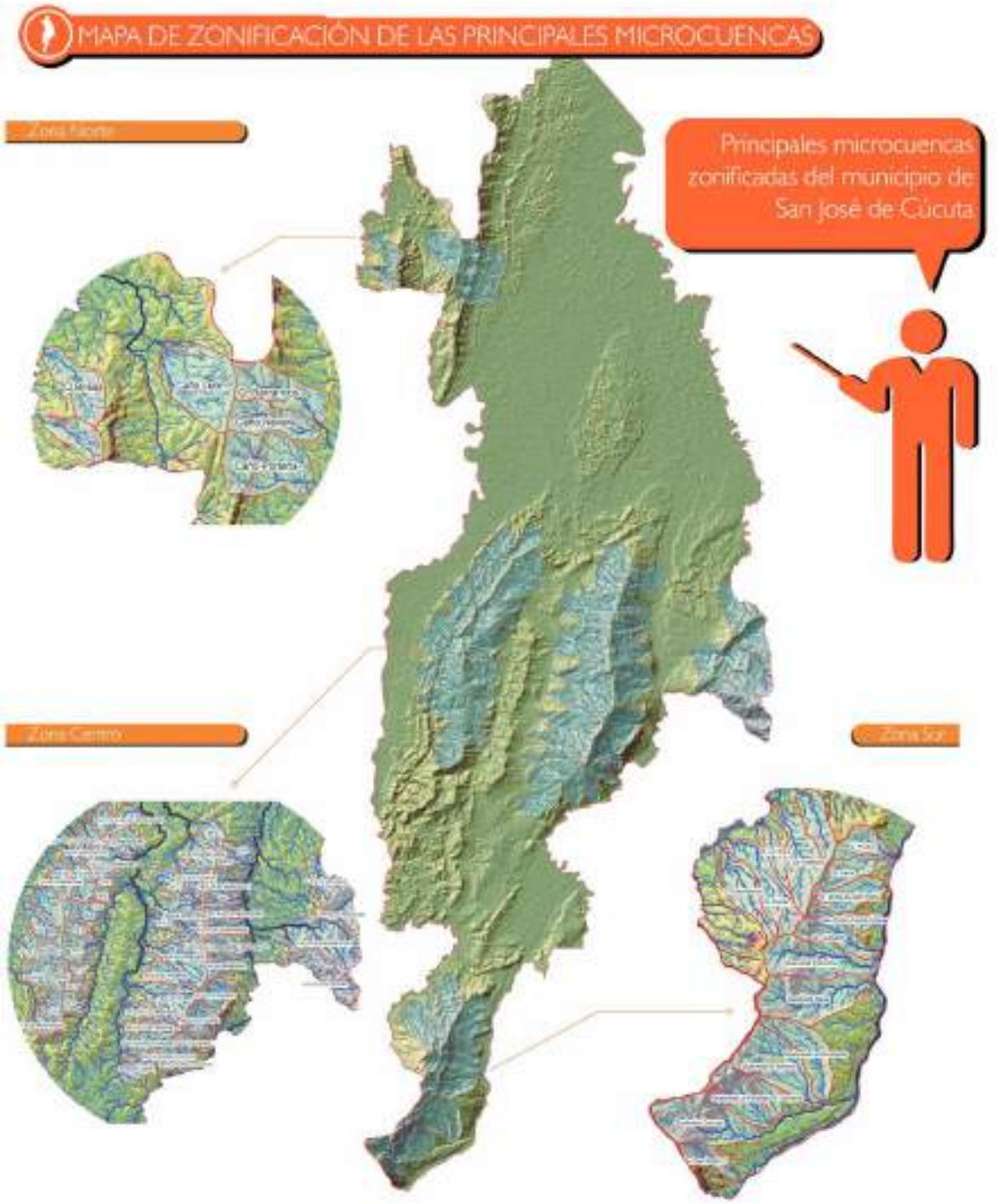
El coeficiente de compacidad define la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área equivalente. Una cuenca tiende a ser redonda si el índice de compacidad es menor a 1.5, y alargada, en la medida que el índice se aleja de la unidad, como se muestra a continuación:

Tabla 38 Geoforma de la cuenca en relación al índice de compacidad.

Rangos de Kc	Clases de Compacidad
>1,25	Redonda a Oval Redonda
1,25-1,50	De Oval Redonda a Oval Oblonga
1,50 – 1,75	De Oval Oblonga a Rectangular Oblonga

Fuente: Proceso del Ciclo Hidrológico (Campos 1998).

Los rangos utilizados para el coeficiente de compacidad del presente estudio obedecen a determinar la dinámica esperada en la escorrentía superficial en una cuenca, partiendo del hecho que las geoformas alargadas tienden a presentar una mayor velocidad de flujo traducido a mayor energía cinética y capacidad de transporte de sedimentos, que las cuencas con formas ovaladas o redondeadas. De lo anterior se determinan los siguientes rangos para el índice de compacidad:



Gráfica 168 Mapa de microcuencas objeto de estudio de los índices morfométricos

FUENTE: UNION TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Tabla 39 Índice de Melton.

MICROCUENCA	ÁREA (Ha)	PERIMETRO (Km)	ÍNDICE DE MELTON
13-Z-(Q ARENOSITA)	360,647193	7,639353	0,103208
12-Z-(Q LA CASTELLANA)	289,480105	7,24409	0,109321
3-Z-(Q LA POTREÑA)	559,614221	11,653667	0,112022
14-Z-(Q LA ARENOSA)	435,738945	10,04319	0,123597
11-Z	260,439698	7,364469	0,127028
8-Z-(Q LAS GUADUAS)	508,296403	12,154921	0,133065
6-Z	607,743597	12,944488	0,133861
10-Z-(Q CAÑO COLORADO)	231,438841	7,404841	0,139353
24-Z(Q EL ARCO)	432,492327	9,442145	0,14137
2-Z	316,565386	7,974918	0,145569
22-Z	182,427967	6,842053	0,148816
4-Z-(Q JARDINERA)	469,321462	9,605161	0,149096
7-Z-(Q LA ARENOSA)	363,647022	9,022207	0,149977
20-Z	414,816961	8,854863	0,155644
18-Z	256,997756	7,207257	0,165927
9-Z-(Q VENTANITAS)	216,11687	7,219901	0,166656
1-Z-(Q SANTA ROSA)	205,543315	6,00272	0,170889
5-Z	395,926666	10,871324	0,172883
23-Z	223,654488	6,747594	0,173854
Caño Porteña	540,368265	9,420683	0,174636
Caño León	519,047169	8,912827	0,175392
Q. Barrancos	352,959242	9,313381	0,180407
53-P(Q LA SOLEDAD-LA CHINA)	766,387236	12,223081	0,192171
19-Z	203,781261	6,680102	0,20315
21-Z	142,159721	6,119688	0,208
Caño Nevera	276,057652	7,81454	0,219829
15-Z	131,324326	4,808192	0,219901
52-P-(Q LA FAUSTINERA)	891,161598	14,033864	0,231138
16-Z	138,035503	5,214832	0,234065
36-Z	302,257688	7,558708	0,239854
Q Brisas	281,123018	7,581366	0,243278
Q. Portico	171,505944	6,027294	0,2485
37-P	229,033934	6,687198	0,249771
30-Z-(Q LA BEJUCA)	955,014015	13,275513	0,252077

35-Z-(Q CAÑO LORA)	394,275283	8,147086	0,261881
32-Z-(Q ORIPAYERA)	646,821427	11,479943	0,271698
31-Z	230,951948	7,208605	0,273078
34-Z-(Q LA CURVA)	390,509155	9,153025	0,280852
28-Z-(Q 71)	693,180097	11,90819	0,287523
33-Z	449,230807	11,205576	0,288746
45-P-(Q EL MADRO)	507,104901	8,970424	0,289089
25-Z-(Q CAMPO ALEGRE)	430,716633	9,504137	0,305006
49-P-(Q CAÑO EL OJITO)	296,707615	6,937459	0,30943
51-P-(Q LAS BLANQUITAS)	1508,93687	17,787987	0,32694
Qnn1	208,591525	6,747683	0,327554
39-P-(Q EL NARANJITO)	259,269201	6,982974	0,338471
50-P-(Q DON PEDRO)	1690,46622	17,463953	0,340992
43-P-(Q LA CARBONERA	377,030213	8,433211	0,341964
46-P-(Q TIO JOSE)	442,968916	8,730564	0,346846
Quebrada Seca	530,654546	10,535945	0,348196
38-P	215,674136	6,968303	0,35953
Quebrada La Encañada	318,632754	9,445083	0,363732
Q nn2	178,41686	5,77894	0,366446
Quebrada Potreritos	466,635012	10,245867	0,368823
Q. Norte de San Pedro	212,074578	6,631118	0,369538
Quebrada el Silencio	467,227933	9,950012	0,380073
Quebrada Canoas	524,692234	10,074973	0,386859
40-P	263,425108	7,177093	0,393706
41-P-(Q LA PERIQUERA)	284,28425	8,815453	0,399152
Q. Seca	203,684222	7,386491	0,400867
Q. Pulida	347,222959	10,345607	0,405772
Q. La Voladora	350,933315	9,913641	0,407753
44-P-(Q LA GUADAUA)	297,734946	7,994568	0,409157
42-P-(Q LA CORRALERA)	274,350461	7,93667	0,413559
27-Z-(Q LA CARBONERA)	320,132713	10,374147	0,415822
26-Z-(Q LOS CANEOS)	277,962097	10,204033	0,418061
47-P-(Q VIAGALA)	159,843875	5,338066	0,427116
Q. Calicanto	221,337096	7,452448	0,435642
29-Z-(Q EL TAMBOR)	312,052068	9,81193	0,443816
17-Z	33,923009	3,053113	0,446402
48-P-(Q CAÑO JAGUALA)	193,477926	6,825497	0,470178
Quebrada La Portada	259,745088	7,07448	0,474697
Q Guacheseco	287,452025	8,9721	0,474729
Q. La Tigra	107,798257	6,101339	0,507074
Q. Zarzana	102,704433	5,004175	0,545243
San Pedro Centro Poblado	121,972698	6,51977	0,559773

Sur San Pedro 2	137,205081	5,87409	0,690464

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Tabla 40 Rangos y calificación del índice de compacidad de las microcuencas

No de Rango	Rangos	Calificación
1	0 – 1,35	Muy Bajo
2	1,36 – 1,62	Bajo
3	1,63 – 1,86	Medio
4	1,87 – 2,38	Alto
5	>2,38	Muy Alto

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

Los coeficientes de compacidad obtenidos en las microcuencas estudiadas oscilan en un rango de 1,12 a 1,72. Esto indica que 49 cuencas se clasifican como muy bajo, 24 como bajo y 4 cuencas como medio (Tabla 41).

Tabla 41 Clasificación de los índices de compacidad de las microcuencas.

MICROCUENCA	ÁREA (Ha)	PERIMETRO (Km)	ÍNDICE DE COMPACIDAD	CLASIFICACIÓN
Caño León	519,047169	8,912827	1,095393	Muy bajo
45-P-(Q EL MADRO)	507,104901	8,970424	1,123345	Muy bajo
13-Z-(Q ARENOSITA)	360,647193	7,639353	1,134395	Muy bajo
Caño Porteña	540,368265	9,420683	1,134738	Muy bajo
49-P-(Q CAÑO EL OJITO)	296,707615	6,937459	1,135756	Muy bajo
35-Z-(Q CAÑO LORA)	394,275283	8,147086	1,157049	Muy bajo
46-P-(Q TIO JOSE)	442,968916	8,730564	1,169782	Muy bajo
1-Z-(Q SANTA ROSA)	205,543315	6,00272	1,180716	Muy bajo
15-Z	131,324326	4,808192	1,183201	Muy bajo
47-P-(Q VIAGALA)	159,843875	5,338066	1,190653	Muy bajo
50-P-(Q DON PEDRO)	1690,46622	17,463953	1,197811	Muy bajo
12-Z-(Q LA CASTELLANA)	289,480105	7,24409	1,20067	Muy bajo
Q nn2	178,41686	5,77894	1,211402	Muy bajo
30-Z-(Q LA BEJUCA)	955,014015	13,275513	1,211422	Muy bajo
39-P-(Q EL NARANJITO)	259,269201	6,982974	1,222965	Muy bajo
43-P-(Q LA CARBONERA)	377,030213	8,433211	1,224768	Muy bajo
20-Z	414,816961	8,854863	1,226035	Muy bajo
36-Z	302,257688	7,558708	1,226049	Muy bajo
Quebrada La Portada	259,745088	7,07448	1,229076	Muy bajo
Quebrada Canoas	524,692234	10,074973	1,231543	Muy bajo
53-P(Q LA SOLEDAD-LA CHINA)	766,387236	12,223081	1,245104	Muy bajo

37-P	229,033934	6,687198	1,246073	Muy bajo
40-P	263,425108	7,177093	1,247008	Muy bajo
4-Z-(Q JARDINERA)	469,321462	9,605161	1,250312	Muy bajo
16-Z	138,035503	5,214832	1,251682	Muy bajo
2-Z	316,565386	7,974918	1,26399	Muy bajo
Q Brisas	281,123018	7,581366	1,266069	Muy bajo
18-Z	256,997756	7,207257	1,267811	Muy bajo
23-Z	223,654488	6,747594	1,272358	Muy bajo
32-Z-(Q ORIPAYERA)	646,821427	11,479943	1,272907	Muy bajo
Q. Norte de San Pedro	212,074578	6,631118	1,274972	Muy bajo
28-Z-(Q 71)	693,180097	11,90819	1,275475	Muy bajo
24-Z(Q EL ARCO)	432,492327	9,442145	1,280355	Muy bajo
Quebrada Seca	530,654546	10,535945	1,280636	Muy bajo
11-Z	260,439698	7,364469	1,286877	Muy bajo
Q. Portico	171,505944	6,027294	1,288667	Muy bajo
Quebrada el Silencio	467,227933	9,950012	1,288894	Muy bajo
51-P-(Q LAS BLANQUITAS)	1508,93687	17,787987	1,291339	Muy bajo
25-Z-(Q CAMPO ALEGRE)	430,716633	9,504137	1,291415	Muy bajo
34-Z-(Q LA CURVA)	390,509155	9,153025	1,306165	Muy bajo
44-P-(Q LA GUADAUA)	297,734946	7,994568	1,30656	Muy bajo
Qnn1	208,591525	6,747683	1,308171	Muy bajo
Caño Nevera	276,057652	7,81454	1,316927	Muy bajo
19-Z	203,781261	6,680102	1,319624	Muy bajo
52-P-(Q LA FAUSTINERA)	891,161598	14,033864	1,325709	Muy bajo
Quebrada Potreritos	466,635012	10,245867	1,328061	Muy bajo
7-Z-(Q LA ARENOSA)	363,647022	9,022207	1,334203	Muy bajo
31-Z	230,951948	7,208605	1,337641	Muy bajo
38-P	215,674136	6,968303	1,338065	Muy bajo
42-P-(Q LA CORRALERA)	274,350461	7,93667	1,351247	Bajo
14-Z-(Q LA ARENOSA)	435,738945	10,04319	1,356774	Bajo
10-Z-(Q CAÑO COLORADO)	231,438841	7,404841	1,372609	Bajo
Q. Zarzana	102,704433	5,004175	1,382598	Bajo
48-P-(Q CAÑO JAGUALA)	193,477926	6,825497	1,383782	Bajo
9-Z-(Q VENTANITAS)	216,11687	7,219901	1,384956	Bajo
Q. Barrancos	352,959242	9,313381	1,388044	Bajo
3-Z-(Q LA POTREÑA)	559,614221	11,653667	1,389208	Bajo
Q. Calicanto	221,337096	7,452448	1,402587	Bajo
Sur San Pedro 2	137,205081	5,87409	1,40415	Bajo
22-Z	182,427967	6,842053	1,428532	Bajo
21-Z	142,159721	6,119688	1,447405	Bajo

Q. Seca	203,684222	7,386491	1,449164	Bajo
41-P-(Q LA PERIQUERA)	284,28425	8,815453	1,474407	Bajo
17-Z	33,923009	3,053113	1,478239	Bajo
6-Z	607,743597	12,944488	1,480723	Bajo
Quebrada La Encañada	318,632754	9,445083	1,481558	Bajo
Q Guacheseco	287,452025	8,9721	1,481731	Bajo
Q. La Voladora	350,933315	9,913641	1,481764	Bajo
33-Z	449,230807	11,205576	1,4909	Bajo
8-Z-(Q LAS GUADUAS)	508,296403	12,154921	1,520347	Bajo
5-Z	395,926666	10,871324	1,540722	Bajo
Q. Pulida	347,222959	10,345607	1,554568	Bajo
29-Z-(Q EL TAMBOR)	312,052068	9,81193	1,566354	Bajo
27-Z-(Q LA CARBONERA)	320,132713	10,374147	1,635071	Medio
Q. La Tigra	107,798257	6,101339	1,645422	Medio
San Pedro Centro Poblado	121,972698	6,51977	1,652947	Medio
26-Z-(Q LOS CANEOS)	277,962097	10,204033	1,72595	Medio

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.4.8.4 Índice de relieve y proporción de relieve

El índice de relieve es la diferencia entre el punto más alto y más bajo de cada microcuenca y la proporción de relieve es el cociente entre el relieve y la longitud del cauce. Estos índices se relacionan con el índice de melton para poder definir características potenciales para avenidas torrenciales (Wilford *et al* 2004).

Tabla 42 Características hidrogeomorfologicas para definir la potencialidad de avenidas torrenciales.

Variables	Relación para un potencial Flujos de Escombros
Índice de Meltón y Longitud de Cauce	M> 0,6 y L<2,7 km
Índice de Melton y Relieve-Proporción de Relieve	M>0,6 y r > 0,42

Fuente: (Wilford *et al* 2004)

De acuerdo con las relaciones para definir microcuencas potenciales para producir avenidas torrenciales se calcularon los índices y no presento en ninguna de las 77 microcuencas valores que indicaran la posibilidad de un evento torrencial.

Tabla 43 Relieve y proporción de relieve

MICROCUENCA	MELTON	LONGITUD DE CAUCE km	RELIEVE KM	PROPORCIÓN DE RELIEVE
13-Z-(Q ARENOSITA)	0,103208	2,478181318	0,196	0,079090258
12-Z-(Q LA CASTELLANA)	0,109321	3,273301915	0,186	0,056823356
3-Z-(Q LA POTREÑA)	0,112022	5,00909544	0,265	0,052903763
14-Z-(Q LA ARENOSA)	0,123597	4,238996734	0,258	0,060863458
11-Z	0,127028	2,470086053	0,205	0,08299306
8-Z-(Q LAS GUADUAS)	0,133065	3,05963	0,3	0,098051072
6-Z	0,133861	5,177825247	0,33	0,063733321
10-Z-(Q CAÑO COLORADO)	0,139353	2,534300114	0,212	0,083652287
24-Z(Q EL ARCO)	0,14137	2,88311	0,294	0,101973216
2-Z	0,145569	2,976353508	0,259	0,087019233
22-Z	0,148816	2,516565336	0,201	0,079870766
4-Z-(Q JARDINERA)	0,149096	4,075764033	0,323	0,079248945
7-Z-(Q LA ARENOSA)	0,149977	3,613847615	0,286	0,079140028
20-Z	0,155644	3,181165409	0,317	0,099649015
18-Z	0,165927	2,914057635	0,266	0,091281654
9-Z-(Q VENTANITAS)	0,166656	2,832444734	0,245	0,086497716
1-Z-(Q SANTA ROSA)	0,170889	2,257110329	0,245	0,108545868
5-Z	0,172883	5,004205473	0,344	0,068742181
23-Z	0,173854	2,30148897	0,26	0,112970344
Caño Porteña	0,174636	3,622926359	0,4058928	0,112034516
Caño León	0,175392	4,247823889	0,3995287	0,094054912
Q. Barrancos	0,180407	3,850335161	0,3388805	0,088013247
53-P(Q LA SOLEDAD-LA CHINA)	0,192171	3,92717	0,532	0,135466506
19-Z	0,20315	2,869139763	0,29	0,101075592
21-Z	0,208	1,971996284	0,248	0,125760886
Caño Nevera	0,219829	3,413824707	0,3651886	0,106973448
15-Z	0,219901	1,993182682	0,252	0,12643096
52-P-(Q LA FAUSTINERA)	0,231138	7,08608	0,69	0,097374007
16-Z	0,234065	1,547382914	0,275	0,177719424
36-Z	0,239854	3,51049	0,417	0,118786836
Q Brisas	0,243278	3,21575699	0,4078407	0,126825721
Q. Portico	0,2485	2,30995	0,3253854	0,140862529
37-P	0,249771	2,29088	0,378	0,165002095
30-Z-(Q LA BEJUCA)	0,252077	4,44218	0,779	0,175364348
35-Z-(Q CAÑO LORA)	0,261881	2,32219	0,52	0,223926552
32-Z-(Q ORIPAYERA)	0,271698	4,44734	0,691	0,155373774
31-Z	0,273078	3,08387	0,415	0,134571172

34-Z-(Q LA CURVA)	0,280852	3,72232	0,555	0,149100561
28-Z-(Q 71)	0,287523	4,60179	0,757	0,164501205
33-Z	0,288746	3,68102	0,612	0,166258265
45-P-(Q EL MADRO)	0,289089	2,71187	0,651	0,240055755
25-Z-(Q CAMPO ALEGRE)	0,305006	4,68423	0,633	0,13513427
49-P-(Q CAÑO EL OJITO)	0,30943	2,84959	0,533	0,187044452
51-P-(Q LAS BLANQUITAS)	0,32694	7,47778	1,27	0,169836502
Qnn1	0,327554	3,04931	0,473003	0,155118043
39-P-(Q EL NARANJITO)	0,338471	2,18712	0,545	0,249186144
50-P-(Q DON PEDRO)	0,340992	7,45235	1,402	0,188128577
43-P-(Q LA CARBONERA	0,341964	3,3973	0,664	0,195449327
46-P-(Q TIO JOSE)	0,346846	2,7359	0,73	0,266822618
Quebrada Seca	0,348196	4,66653	0,8019784	0,171857547
38-P	0,35953	2,52432	0,528	0,209165241
Quebrada La Encañada	0,363732	4,40186	0,6491725	0,147476862
Q nn2	0,366446	2,51044886	0,4894039	0,194946771
Quebrada Potreritos	0,368823	4,59024	0,7966003	0,17354219
Q. Norte de San Pedro	0,369538	2,9705	0,5380654	0,181136307
Quebrada el Silencio	0,380073	4,2427	0,8214225	0,193608433
Quebrada Canoas	0,386859	4,64123	0,8860188	0,190901722
40-P	0,393706	2,93553	0,639	0,217677898
41-P-(Q LA PERIQUERA)	0,399152	3,74149	0,673	0,179874863
Q. Seca	0,400867	3,40265	0,572019	0,168109856
Q. Pulida	0,405772	4,76035	0,7559992	0,158811684
Q. La Voladora	0,407753	4,211098	0,7637366	0,181362818
44-P-(Q LA GUADAUA)	0,409157	4,378001168	0,706	0,161260807
42-P-(Q LA CORRALERA)	0,413559	3,29836	0,685	0,207678968
27-Z-(Q LA CARBONERA)	0,415822	4,55892	0,744	0,163196547
26-Z-(Q LOS CANEOS)	0,418061	4,45399	0,697	0,156488901
47-P-(Q VIAGALA)	0,427116	2,28962	0,54	0,235846996
Q. Calicanto	0,435642	2,92638	0,6480212	0,221441235
29-Z-(Q EL TAMBOR)	0,443816	4,43006	0,784	0,176972772
17-Z	0,446402	1,081200433	0,26	0,240473452
48-P-(Q CAÑO JAGUALA)	0,470178	2,82982	0,654	0,231110106
Quebrada La Portada	0,474697	2,96097	0,7649376	0,258340206
Q Guacheseco	0,474729	4,08111	0,8047573	0,197190789
Q. La Tigra	0,507074	2,39338	0,5263953	0,219938037
Q. Zarzana	0,545243	1,74623	0,5524845	0,316387017
San Pedro Centro Poblado	0,559773	3,00453	0,6181234	0,20573048
Sur San Pedro 2	0,690464	2,39845	0,8086558	0,337157664

Fuente: UNIÓN TEMPORAL PLANEANDO CÚCUTA, 2017

1.4.8.5 Análisis de avenidas torrenciales

Partiendo del hecho de que no hay evidencia histórica ni registro de eventos de avenidas torrenciales en la región, además de la inexistencia de estudios hidrológicos, análisis hidráulicos y cartografía base a escala 1:2000 de las microcuencas, las cuales que son indispensables para la corrida de un modelo estadístico, probabilístico o determinístico con el objetivo de zonificar zonas de amenaza por avenidas torrenciales como lo exige la normativa vigente, se calcularon índices morfométricos propuestos en diversos trabajos científicos (Wilford *et al* 2004) para descartar 76 microcuencas ante eventuales avenidas torrenciales usando índice de Melton, compacidad de la cuenca, longitud del cauce, índice de relieve y proporción de relieve (Tabla 42). Solo una las microcuencas al sur del centro poblado de San Pedro (Sur San Pedro 2), en la primera relación de índice de Melton con longitud del cauce, aparece como potencialmente susceptible de un evento de avenida torrencial, mientras que en la segunda condición, donde se relaciona el índice de Melton y la proporción de relieve, no se cumple el índice para clasificarla como una microcuenca potencial a producir avenidas torrenciales; el índice de compacidad tampoco lo sugiere, además de alguna evidencia de registros históricos de depósitos de avenidas torrenciales para esta cuenca luego de los recorridos de campo efectuados por el equipo de trabajo.

Como resultado, se concluye que las microcuencas objeto de análisis no cuentan con los las características suficientes para producir avenidas torrenciales.