ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
ÁREA DE DESARROLLO BUCARE

CAPÍTULO 3.2 MEDIO ABIÓTICO
3.2.1 Geología

S.G.I. S.A.S.
Consultoría e Ingeniería

CONTENIDO

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO 1
3.2 MEDIO ABIÓTICO 1
3.2.1 Geología 1
3.2.1.1 Geología Regional 2
3.2.1.1.1 Estratigrafía Regional 4
3.2.1.1.1.1 Basamento Precámbrico 5
3.2.1.1.1.2 Paleozoico 5
3.2.1.1.1.3 Mesozoico 6
3.2.1.1.1.4 Cenozoico 7
3.2.1.1.1.5 Cuaternario 8
3.2.1.1.2 Estructuras Regionales 9
3.2.1.1.2.1 Fallas y Lineamientos 9
3.2.1.2 Geología Local 11
3.2.1.2.1 Fotointerpretación del marco geológico local 22
3.2.1.2.1.1 Metodología 22
3.2.1.2.1.2 Interpretación foto-geomorfológica 22
3.2.1.2.1.3 Interpretación Estructural 29
3.2.1.2.2 Estratigrafía Local 36
3.2.1.2.2.1 Cuaternario 36
3.2.1.2.3 Geología Estructural Local 70
3.2.1.2.4 Unidades Geológicas Superficiales (UGS) 71
3.2.1.2.4.1 Suelo residual derivado de abanico aluvial (Sraa) 74
3.2.1.2.4.2 Suelo transportado aluvial de terraza baja (Stat3) 75
3.2.1.2.4.3 Suelo transportado aluvial de terraza media (Stat2) 76
3.2.1.2.4.4 Suelo transportado aluvial de terraza alta (Stat1) 77
3.2.1.2.4.5 Suelo transportado aluvial de planos de inundación de drenajes mayores (Stapi) 78
3.2.1.2.4.6 Suelo transportado aluvial de drenajes mayores (Stadma) 79
3.2.1.2.4.7 Suelo transportado aluvial de drenajes menores (Stadme) 80
3.2.1.3 Amenazas naturales 81
3.2.1.3.1 Amenaza por eventos sísmicos 81
3.2.1.3.1.1 Catálogo de Sismicidad Histórica 82
3.2.1.3.1.2 Intensidad Sísmica Esperada 99
3.2.1.3.1.3 Zonas de Amenaza NSR-10 100
3.2.1.3.1.4 Análisis de la amenaza sísmica 101
3.2.1.3.2 Amenaza ceráunica 102
3.2.1.3.2.1 Análisis de la información 102
3.2.1.3.2.2 Clasificación de Amenaza 103
3.2.1.3.3 Amenaza por remoción en masa y procesos erosivos 105

3.2.1.3.3.1 Procesos morfodinámicos identificados en el área de estudio 106
3.2.1.3.3.2 Metodología para la estimación de la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos 108
3.2.1.3.3.3 Susceptibilidad por procesos morfodinámicos 109
3.2.1.3.3.4 Estimación de la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos. 114
3.2.1.3.3.5 Metodología para estimar la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos 114
3.2.1.3.3.6 Información secundaria disponible respecto a la amenaza por remoción en masa y proceso erosivos 119
3.2.1.3.4 Amenaza por incendios forestales..... 122
3.2.1.3.4.1 Susceptibilidad de la vegetación frente a los incendios de la cobertura vegetal 122
3.2.1.3.4.2 Factores climáticos 134
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (MM) 134
CATEGORÍA DE LA AMENAZA 134
CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA 134
3.2.1.3.4.3 Factor relieve 136
3.2.1.3.4.4 Factor histórico 140
3.2.1.3.4.5 Cálculo de la amenaza total de incendios forestales 142
3.2.1.3.5 Amenaza por inundación 144
3.2.1.3.5.1 Posibles alteraciones del régimen natural (relación espacio temporal de inundaciones) 161
3.2.1.3.5.2 Susceptibilidad a la inundación por coberturas de la tierra 166
3.2.1.3.5.3 Susceptibilidad a la inundación por geomorfología 168
3.2.1.3.5.4 Susceptibilidad a la inundación por suelos..... 170
3.2.1.3.5.5 Susceptibilidad a la inundación 172
3.2.1.3.5.6 Amenaza a la inundación 174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.2.1-1 Información secundaria recopilada para la construcción del marco geológico regional y local en el presente estudio. 1
Tabla 3.2.1-2 Homologación de las nomenclaturas de las unidades operacionales de la Formación Carbonera. 8
Tabla 3.2.1-3 Áreas de las Unidades Geológicas aflorantes en el área de influencia físicobiótica . 12
Tabla 3.2.1-4 Puntos de control geológico para el área de influencia fisicobiótica por unidad geológica 13
Tabla 3.2.1-5 Insumos cartográficos empleados. 22
Tabla 3.2.1-6 Estratigrafía local presente para el área de influencia. 36
Tabla 3.2.1-7 Unidades Geológicas Superficiales (UGS) según su origen 71
Tabla 3.2.1-8 Unidades Geológicas Superficiales (UGS) identificadas en el área de influencia. 72

Tabla 3.2.1-9 Áreas de las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) aflorantes en el área de influencia físicobiótica 73
Tabla 3.2.1-10 Perfil de meteorización de la unidad Sraa 75
Tabla 3.2.1-11 Perfil de meteorización de la unidad Stat3 75
Tabla 3.2.1-12 Perfil de meteorización de la unidad Stat2 77
Tabla 3.2.1-13 Perfil de meteorización de la unidad Stat1 78
Tabla 3.2.1-14 Perfil de meteorización de la unidad Stapi 79
Tabla 3.2.1-15 Sismicidad histórica para el área de influencia y una distancia de 25 km alrededor del área de intervención 83
Tabla 3.2.1-16 Distribución frecuencial de los sismos en función de su magnitud. 97
Tabla 3.2.1-17 Valores de aceleración pico (Aa) y velocidad pico (Av) – Definición de la zona de amenaza sísmica área aferente al municipio de Acacías (Departamento del Meta). 100
Tabla 3.2.1-18 Información secundaria recopilada para amenaza ceráunica 102
Tabla 3.2.1-19 Calificación a partir de niveles ceráunicos 103
Tabla 3.2.1-20 Nivel de amenaza ceráunica para el área de influencia. 103
Tabla 3.2.1-21 Factores físicos considerados para la estimación de la susceptibilidad por procesos morfodinámicos y sus respectivos pesos 109
Tabla 3.2.1-22 Factores, peso y valoración empleados para la estimación de la amenaza por procesos de remoción en masa y erosivos en el área de influencia 110
Tabla 3.2.1-23 Susceptibilidad por procesos morfodinámicos y sus respectivos porcentajes dentro del área de influencia físico-biótica 113
Tabla 3.2.1-24 Factores analizados para la estimación de la amenaza por remoción en masa, procesos erosivos y sus respectivos pesos 115
Tabla 3.2.1-25 Valoración del grado de susceptibilidad a procesos morfodinámicos asociado a la precipitación del área de influencia fisicobiótica 116
Tabla 3.2.1-26 Valoración del grado de susceptibilidad a procesos de remoción en masa asociado a la sismicidad del área de estudio 116
Tabla 3.2.1-27 Peso y valoración de los detonantes empleados para la estimación de la amenaza por procesos de remoción en masa y erosivos en el área de influencia 117
Tabla 3.2.1-28 Rangos de valoración del grado de amenaza por procesos de remoción en masa y procesos erosivos en el área de influencia 117
Tabla 3.2.1-29 Amenaza por procesos de remoción en masa, procesos erosivos y sus respectivos porcentajes dentro del área de influencia físico-biótica 119
Tabla 3.2.1-30 Información secundaria recopilada para corroborar la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos a escala regional 120
Tabla 3.2.1-31 Porcentajes y clasificación de la amenaza por eventos de remoción en masa y proceso erosivos para el área de influencia fisicobiótica 120
Tabla 3.2.1-32 Tipos de combustibles predominante por cobertura vegetal en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 122
Tabla 3.2.1-33 Clasificación de tipos de combustibles 123
Tabla 3.2.1-34 Duración del combustible predominante en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 125
Tabla 3.2.1-35 Clasificación de la duración de los combustibles 125
Tabla 3.2.1-36 Carga de Biomasa (combustible) por cobertura vegetal en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 127
Tabla 3.2.1-37 Clasificación de carga de combustibles 127

Tabla 3.2.1-38 Contenido de humedad por cobertura vegetal en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 129
Tabla 3.2.1-39 Clasificación de contenido de humedad 130
Tabla 3.2.1-40 Calificación de la susceptibilidad a la amenaza por incendios forestales 131
Tabla 3.2.1-41 Resumen de la calificación general de grado de susceptibilidad a la amenaza por incendios forestales en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 131
Tabla 3.2.1-42 Susceptibilidad por incendio forestal por área para el Área de Desarrollo Bucare 133
Tabla 3.2.1-43 Categorías de amenaza por incendio forestal en función de la precipitación media anual 134
Tabla 3.2.1-44 Categorías de amenaza por incendio forestal por la temperatura 135
Tabla 3.2.1-45 Categorías de amenaza por incendio forestal en función de las pendientes del terreno 137
Tabla 3.2.1-46 Amenaza por incendio forestal en función de las pendientes del terreno 137
Tabla 3.2.1-47 Categorías de amenaza por incendio forestal en función de la accesibilidad..... 138
Tabla 3.2.1-48 Amenaza por incendio forestal en función de la accesibilidad 139
Tabla 3.2.1-49 Amenaza de la vegetación a incendios forestales por frecuencia histórica 140
Tabla 3.2.1-50 Categorías de amenaza por incendio forestal 143
Tabla 3.2.1-51 Amenaza por incendio forestal 143
Tabla 3.2.1-52 Insumos del modelo hidráulico 2D 145
Tabla 3.2.1-53 Hidrogramas de creciente simulados en el río Acacías..... 150
Tabla 3.2.1-54 Chequeo de modelo hidráulico en punto de aforo LOT-53 150
Tabla 3.2.1-55 Profundidad eventos de creciente en el río Acacías para varios tiempos de retorno 152
Tabla 3.2.1-56 Velocidad eventos de creciente en el río Acacías para varios tiempos de retorno 154
Tabla 3.2.1-57 Elevación superficie de agua eventos de creciente en el río Acacías para varios tiempos de retorno 156
Tabla 3.2.1-58 Criterios velocidad x profundidad de agua para clasificación de amenaza de inundación 158
Tabla 3.2.1-59 Velocidad x profundidad de agua eventos de creciente en el río Acacías para varios tiempos de retorno 158
Tabla 3.2.1-60 Relación de puntos de control de cuerpos lóticos levantados en los que se observaron vestigios de inundación 162
Tabla 3.2.1-61 Clasificación de variables que aportan a la susceptibilidad 166
Tabla 3.2.1-62 Clasificación de la susceptibilidad a la inundación 166
Tabla 3.2.1-63 Clasificación de coberturas de la tierra por susceptibilidad a inundación. 166
Tabla 3.2.1-64 Clasificación de unidades geomorfológicas por susceptibilidad a inundación. 168
Tabla 3.2.1-65 Clasificación de suelos por susceptibilidad a inundación. 170
Tabla 3.2.1-66 Susceptibilidad a inundación en el área de influencia fisicobiótica 173
Tabla 3.2.1-67 Resultados cuantitativos del mapa de susceptibilidad a inundación..... 174
Tabla-3.2.1-68 Cruce de amenaza de inundación del río Acacías con susceptibilidad a la inundación 174
Tabla 3.2.1-69 Resultados cuantitativos del mapa de amenaza a inundación..... 175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.2.1-1 Mapa tectónico simplificado, junto a un corte estructural esquemático de la cuenca Llanos Orientales. 3
Figura 3.2.1-2 Mapa con la geología regional en el área de influencia físicobiótica 4
Figura 3.2.1-3 Columna estratigráfica generalizada de la cuenca Llanos Orientales. 5
Figura 3.2.1-4 Línea sísmica A-1980-1. De color rojo la Falla Villa Lucía. Profundidad dada en tiempo (TWT). 10
Figura 3.2.1-5 Estructuras regionales en el área de influencia físicobiótica 11
Figura 3.2.1-6 Cartografía geológica para el área de influencia. 12
Figura 3.2.1-7 Distribución espacial de las estaciones geológicas realizadas en campo. 16
Figura 3.2.1-8 Columna estratigráfica generalizada del área de influencia 18
Figura 3.2.1-9 Perfiles geológicos 19
Figura 3.2.1-10 Perfil geológico A-A' 20
Figura 3.2.1-11 Perfil geológico A-A' (continuación) 20
Figura 3.2.1-12 Perfil geológico B-B' 21
Figura 3.2.1-13 Perfil geológico C-C' 21
Figura 3.2.1-14 Perfiles de elevación del relieve para los depósitos de abanico aluvial. 23
Figura 3.2.1-15 Perfiles de elevación del relieve para la terraza alta. 24
Figura 3.2.1-16 Perfiles de elevación del relieve para la terraza media. 25
Figura 3.2.1-17 Perfiles de elevación del relieve para la terraza baja. 26
Figura 3.2.1-18 Análisis para la delimitación para planos de inundación de drenajes mayores. 27
Figura 3.2.1-19 Análisis geomorfológico para delimitación de depósitos aluviales de drenajes mayores. 28
Figura 3.2.1-20 Delimitación de depósitos aluviales de drenajes menores. 29
Figura 3.2.1-21 Fotolineamientos trazados desde la fotointerpretación. 30
Figura 3.2.1-22 Análisis de cambios en las pendientes para el trazado de lineamientos. 31
Figura 3.2.1-23 Cambio en el espaciamiento de las curvas de nivel respecto al lineamiento L2. 32
Figura 3.2.1-24 Cambio en el espaciamiento de las curvas de nivel – Tramo 1 33
Figura 3.2.1-25 Cambio en el espaciamiento de las curvas de nivel – Tramo 2 33
Figura 3.2.1-26 Control estructural sobre los drenajes de la zona por parte del lineamiento L1. 34
Figura 3.2.1-27 Control estructural ejercido sobre el Río Orotoy. 34
Figura 3.2.1-28 Lineamientos trazados por el cambio repentino de la dirección de drenaje (a) Caño Chichimene; (b) Río Acacías; (c) Río Orotoy y afluente Caño San Luis. 35
Figura 3.2.1-29 GEO37- Columna litológica para depósitos de abanico aluvial. 42
Figura 3.2.1-30 GEO91- Columna litológica para depósitos de abanico aluvial. 42
Figura 3.2.1-31 GEO94- Columna litológica para depósitos de abanico aluvial. 43
Figura 3.2.1-32 GEO105- Columna litológica para depósitos de abanico aluvial. 43
Figura 3.2.1-33 GEO75- Depósitos de terraza alta. 44
Figura 3.2.1-34 GEO73- Columna litológica para depósitos de terraza alta. 48
Figura 3.2.1-35 GEO33- Columna litológica para depósitos de terraza baja 57
Figura 3.2.1-36 GEO82- Columna litológica para depósitos de terraza baja. 58
Figura 3.2.1-37 GEO44- Columna litológica para depósitos de planos de inundación de drenajes mayores. 64
Figura 3.2.1-38 Integración de insumos de información secundaria y foto lineamientos para el área de influencia. 71
Figura 3.2.1-39 Mapa de las unidades geológicas superficiales (UGS) dentro del área de influencia. 73
Figura 3.2.1-40 Ambientes tectónicos definidos por el SGC 82

Figura 3.2.1-41 Magnitud y profundidad de los sismos registrados en el área de influencia y a una distancia de 25 km de su área de intervención. Fuente: SGC (2025) adaptado por SGI S.A.S.(2025) 97
Figura 3.2.1-42 Distribución del número de sismos ocurridos en función del municipio según su rango de magnitud. Fuente: SGC (2025) adaptado por SGI S.A.S. (2025) 98
Figura 3.2.1-43 Distribución del número de sismos ocurridos en función de los años según su rango de magnitud. Fuente: SGC (2025) adaptado por SGI S.A.S. (2025) 99
Figura 3.2.1-44 Mapa de Intensidad Sísmica Esperada en el área de influencia. Fuente: SGC (2025) 100
Figura 3.2.1-45 Zona de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av en el área de influencia. Fuente: SGC (2025) 101
Figura 3.2.1-46 Mapa isoceráunico de Colombia evaluado en áreas de 30km x 30 km 104
Figura 3.2.1-47 Mapa de amenaza ceráunica para el área de influencia fisicobiótica 105
Figura 3.2.1-48 Ubicación de los procesos morfodinámicos denudativos registrados en el área de influencia 107
Figura 3.2.1-49 Ubicación de los procesos morfodinámicos deposicionales registrados en el área de influencia 108
Figura 3.2.1-50 Metodología para calcular la amenaza por procesos morfodinámicos 109
Figura 3.2.1-51 Mapa de la distribución espacial de la susceptibilidad del terreno por procesos morfodinámicos dentro del área de influencia 113
Figura 3.2.1-52 Factores considerados para estimar la amenaza 114
Figura 3.2.1-53 Mapa de amenaza por procesos morfodinámicos del área de influencia 118
Figura 3.2.1-54 Mapa de amenaza por movimientos en masa a escala regional 121
Figura 3.2.1-55 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales por tipo de combustible en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 124
Figura 3.2.1-56 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales por duración de combustible en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 126
Figura 3.2.1-57 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales por carga total de combustible en el en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 128
Figura 3.2.1-58 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales por contenido de humedad de la vegetación en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare ... 130
Figura 3.2.1-59 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 133
Figura 3.2.1-60 Mapa de amenaza por incendio forestal en función de la precipitación media anual en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 135
Figura 3.2.1-61 Mapa de amenaza por incendio forestal en función de la temperatura media anual en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 136
Figura 3.2.1-62 Mapa de amenaza por incendio forestal en función de las pendientes del terreno en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 138
Figura 3.2.1-63 Mapa de amenaza por incendio forestal en función de la accesibilidad en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 139
Figura 3.2.1-64 Resultado del Análisis de Densidad Kernel para la Frecuencia Histórica de Incendios Forestales (2015–2025) para el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 142
Figura 3.2.1-65 Amenaza por incendio forestal en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare 144
Figura 3.2.1-66 Escenario de amenaza de inundación río Acacías tiempo de retorno 2 años 160

Figura 3.2.1-67 Escenario de amenaza de inundación río Acacías tiempo de retorno 100 años .. 161
Figura 3.2.1-68 Mapa de susceptibilidad a inundación por coberturas de la tierra del área de influencia fisicobiótica 168
Figura 3.2.1-69 Mapa de susceptibilidad a inundación por geomorfología del área de influencia fisicobiótica 170
Figura 3.2.1-70 Mapa de susceptibilidad a inundación por suelos del área de influencia fisicobiótica 172
Figura 3.2.1-71 Mapa de susceptibilidad a inundación del área de influencia fisicobiótica 173
Figura 3.2.1-72 Escenario de amenaza de inundación del AI físico biótica del Área de desarrollo Bucare 175

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.2.1-1 GEO39- Depósitos de Abanico Aluvial 37
Fotografía 3.2.1-2 GEO68 - Depósitos de Abanico Aluvial 37
Fotografía 3.2.1-3 GEO39- Clasto de Cuarzoarenita de Depósitos de Abanico Aluvial 38
Fotografía 3.2.1-4 GEO66 – Clasto de Conglomerado de Depósitos de Abanico Aluvial 38
Fotografía 3.2.1-5 GEO88- Clasto de Arenita de Depósitos de Abanico Aluvial 38
Fotografía 3.2.1-6 GEO90 – Clasto de Lodolita de Depósitos de Abanico Aluvial 38
Fotografía 3.2.1-7 GEO38- Clasto de Depósitos de Abanico Aluvial 39
Fotografía 3.2.1-8 GEO48 – Clasto metamórfico de Depósitos de Abanico Aluvial 39
Fotografía 3.2.1-9 M_01_AB – Fotografía a luz reflejada x60, de escala una mina de lápiz 0.7 mm. 40
Fotografía 3.2.1-10 M_01_AB- Fotografía a luz reflejada x120. 40
Fotografía 3.2.1-11 M_01_AB –Partículas compuestas por matriz de arcilla con granos de cuarzo embebidos en un aumento 4X; (A) PPL; (B) XPL. 40
Fotografía 3.2.1-12 M_01_AB – Detalle en 10X de fragmentos de la muestra, en el que se observan granos de cuarzo con extinción ondulante, fracturados y con bordes subredondeados a angulares, también se observa el carácter terrígeno de la matriz. 41
Fotografía 3.2.1-13 M_01_AB – Detalle en 40X de la matriz de la muestra, donde se evidencia su carácter terrígeno con oxidación en algunas zonas puntuales, también la presencia de material tamaño limo de cuarzo y minerales opacos. 41
Fotografía 3.2.1-14 GEO75- Clasto de lodolita de Depósitos de Terraza Alta 45
Fotografía 3.2.1-15 GEO75 – Clasto de Depósitos de Terraza Alta 45
Fotografía 3.2.1-16 M_03_T3- Matriz bajo luz reflejada aumento x60, de escala mina de lápiz 0.7 mm. 46
Fotografía 3.2.1-17 M_03_T3– Matriz bajo luz reflejada aumento x120, de escala mina de lápiz 0.7 mm. 46
Fotografía 3.2.1-18 M_03_T3 – Fotografía con aumento de 4X en la que se puede evidenciar fragmentos de matriz terrígena y matriz de óxido de hierro con granos de cuarzo embebidos. 47
Fotografía 3.2.1-19 M_03_T3 – Detalle con 40X, en el que se puede observar la matriz de óxido de hierro. 47

Fotografía 3.2.1-20 M_03_T3 – Detalle con 40x, en el que se puede observar la matriz terrígena de arcilla y cuarzo de tamaño muy fino. 48
Fotografía 3.2.1-21 GEO87- Depósitos de Terraza Media 49
Fotografía 3.2.1-22 GEO87 – Depósitos de Terraza Media 49
Fotografía 3.2.1-23 GEO87- Materiales removidos - Depósitos de Terraza Media 49
Fotografía 3.2.1-24 GEO87- Cuarzoarenita en aumento x30 50
Fotografía 3.2.1-25 GEO87 – Matriz de los depósitos de terraza media. 50
Fotografía 3.2.1-26 M_02_T2- Matriz bajo luz reflejada aumento x60, de escala mina de lápiz 0.7 mm. 51
Fotografía 3.2.1-27 M_02_T2– Matriz bajo luz reflejada aumento x120. 51
Fotografía 3.2.1-28 M_02_T2– Fotografía de partículas compuestas por matriz de arcilla con granos de cuarzo embebidos. 51
Fotografía 3.2.1-29 M_02_T2– Detalle con aumento de 20X de la matriz terrígena y fragmentos de cuarzo con bordes angulares a redondeados de tamaño limo a arena fina. 52
Fotografía 3.2.1-30 M_02_T2– Detalle en 40X de la matriz, donde se evidencia su carácter terrígeno, también la presencia de material tamaño limo de cuarzo. 52
Fotografía 3.2.1-31 GEO4- Depósitos de Terraza Baja. 53
Fotografía 3.2.1-32 GEO49 – Depósitos de Terraza Baja. 53
Fotografía 3.2.1-33 GEO55- Depósitos de Terraza Baja. 53
Fotografía 3.2.1-34 GEO55 – Depósitos de Terraza Baja. 53
Fotografía 3.2.1-35 GEO28- Clastos de textura fina y composición principalmente cuarzosa. 54
Fotografía 3.2.1-36 GEO62 – Cuarzoarenita en aumento x30 54
Fotografía 3.2.1-37 GEO29 Guijarros de cuarzoarenita y roca con bandeamiento composicional. 54
Fotografía 3.2.1-38 GEO64 –Guijarro de cuarcita. 54
Fotografía 3.2.1-39 M_04_T1- Matriz bajo luz reflejada aumento x60, de escala una mina de lápiz 0.7 mm. 55
Fotografía 3.2.1-40 M_04_T1– Matriz bajo luz reflejada aumento x120, de escala una mina de lápiz 0.7 mm. 55
Fotografía 3.2.1-41 M_04_T1– Fotografía con aumento de 4X, se observan partículas de cuarzo aisladas y también granos embebidos en la matriz terrígena. 56
Fotografía 3.2.1-42 M_04_T1– Detalle en 10X de fragmentos de la muestra, en el que se observan granos de cuarzo con extinción ondulante, fracturados y con bordes subredondeados a angulares, también se observa el carácter terrígeno de la matriz. 56
Fotografía 3.2.1-43 M_04_T1– Detalle en 40X de la matriz, donde se evidencia su carácter terrígeno. 57
Fotografía 3.2.1-44 GEO11- Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores – Rio Orotoy. 59
Fotografía 3.2.1-45 GEO30 - Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores – Rio Guayuriba 59
Fotografía 3.2.1-46 GEO106- Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores – Rio Acacias 59
Fotografía 3.2.1-47 GEO26- Gneis con bandeamiento composicional. 61
Fotografía 3.2.1-48 GEO26 – Clastos observados en el plano de inundación del Rio Guayuriba. .. 61
Fotografía 3.2.1-49 GEO106- Arenita de grano grueso a medio. 61
Fotografía 3.2.1-50 GEO106 – Arenita en aumento x30. 61
Fotografía 3.2.1-51 GEO106- Lodolita cementada, ... 61
Fotografía 3.2.1-52 GEO106 – Lodolita cementada en aumento x30. 61

Fotografía 3.2.1-53 M_05_PI- Matriz bajo luz reflejada aumento x60. 62
Fotografía 3.2.1-54 M_05_PI– Matriz bajo luz reflejada aumento x120, de escala una mina de lápiz 0.7 mm. 62
Fotografía 3.2.1-55 M_05_PI – Fotografía con aumento de 4X, donde se observan partículas de cuarzo sueltas, granos embebidos en la matriz y también granos de minerales opacos. 63
Fotografía 3.2.1-56 M_05_PI – Detalle con aumento de 10X de fragmentos de la muestra, en el que se observaron granos con bordes subredondeados a angulares, granos de óxido y minerales opacos, también se observa el carácter terrígeno de la matriz. 63
Fotografía 3.2.1-57 M_05_PI –Detalle en 40X de la matriz, se evidencia su carácter terrígeno y se logran observar estructuras de minerales de arcilla con oxidación en algunas zonas puntuales. ... 63
Fotografía 3.2.1-58 GEO101- Depósitos aluviales del Río Acacías. 65
Fotografía 3.2.1-59 GEO100 – Depósitos aluviales del Río Acacías 65
Fotografía 3.2.1-60 GEO3- Arenas del Río Acacías. 65
Fotografía 3.2.1-61 GEO47 – Arenas del Caño Chichimene 65
Fotografía 3.2.1-62 GEO3- Depósitos aluviales del Río Acacías. 66
Fotografía 3.2.1-63 GEO32 – Depósitos aluviales del Río Guayuriba 66
Fotografía 3.2.1-64 GEO50- Depósitos aluviales del Caño Chichimene 66
Fotografía 3.2.1-65 GEO100 – Depósitos aluviales del Río Acacías 66
Fotografía 3.2.1-66 GEO100- Clasto metasedimentario. 67
Fotografía 3.2.1-67 GEO69 – Meta-arenita con alineación incipiente. 67
Fotografía 3.2.1-68 GEO100- Clasto metasedimentario vista macro. 67
Fotografía 3.2.1-69 GEO100 – Clasto metasedimentario aumento x30. 67
Fotografía 3.2.1-70 GEO100- Clasto con bandeamiento composicional. 68
Fotografía 3.2.1-71 GEO97– Cuarcita bajo un aumento x30. 68
Fotografía 3.2.1-72 GEO2- Depósitos aluviales de drenajes menores. 68
Fotografía 3.2.1-73 GEO8 – Depósitos aluviales de drenajes menores. 68
Fotografía 3.2.1-74 GEO42- Depósitos aluviales de drenajes menores. 69
Fotografía 3.2.1-75 GEO2- Clastos tamaño guijarro, en un depósito mal seleccionado. 69
Fotografía 3.2.1-76 GEO15 –Matriz de arenas medias a muy gruesas. 69
Fotografía 3.2.1-77 GEO42- Clasto de arenita. 70
Fotografía 3.2.1-78 GEO42 – Clasto de arenita en aumento x30. 70
Fotografía 3.2.1-79 GEO100 – Depósitos aluviales del Río Acacías 80
Fotografía 3.2.1-80 GEO47 – Arenas del Caño Chichimene 80
Fotografía 3.2.1-81 GEO2- Depósitos aluviales de drenajes menores. 81
Fotografía 3.2.1-82 GEO15 –Matriz de arenas medias a muy gruesas. 81

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO

3.2 MEDIO ABIÓTICO

La caracterización del medio físico en el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare incluye la descripción detallada de los componentes geológicos, amenazas naturales, geomorfología, suelos, paisaje, hidrología, hidrogeología y geotecnia.

Este numeral se enfoca en la descripción del componente geológico y estratigráfico, fundamentándose principalmente en la información disponible del Servicio Geológico Colombiano (SGC), teniendo en cuenta que el área de influencia cartográficamente se encuentra representada dentro de la Plancha 266 – Villavicencio, la Plancha 267 – Pachaquiaro, Plancha 286 – San Martín y Plancha 287 – Río Melúa.

Además, se integran otro estudios e informes relevantes en la zona, como estudios ambientales existentes concernientes a proyectos realizados por ECOPETROL S.A. y Planes de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas Hidrográficas de los ríos Acacías y Guayuriba elaborados por CORMACARENA a escala 1:25.000. Estos estudios contribuyeron especialmente para la construcción cartográfica local y la descripción y definición de las unidades litológicas presentes, complementados por los datos recolectados en campo.

Posteriormente, se realiza la caracterización y determinación de la amenaza sísmica, ceráunica, por movimientos en masa, por inundación e incendio forestal.

A continuación, y a través del desarrollo del componente geológico se desarrolla la descripción generalizada y detallada de cada uno de los aspectos mencionados anteriormente.

3.2.1 Geología

El área de estudio se encuentra en la cuenca de los Llanos Orientales, específicamente en la provincia del Piedemonte. La Cordillera Oriental resultó de la inversión estructural de una cuenca del Triásico – Jurásico y Cretáceo temprano, donde el límite entre el piedemonte y la cordillera es el sistema de fallas de Guaicáramo. El piedemonte es separado del antepaís al norte y sur por el sistema de fallas inversas de Cusiana-Yopal (Cooper et al., 1995).

Tabla 3.2.1-1 Información secundaria recopilada para la construcción del marco geológico regional y local en el presente estudio.

NOMBRE	ESCALA	ENTIDAD	AÑO
Estudios Ambientales			
Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria Llanos 37	1:25.000	ECOPETROL S.A.	2011
Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas del Río Acacías-Pajure	1:25.000	CORMACARENA	2012
Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental para el APE CPO-9	1:25.000	ECOPETROL S. A	2012
Estudio de Impacto Ambiental para el Campo de Producción 50k CPO-09	1:25.000	ECOPETROL S. A	2012
Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria Zocay	1:25.000	ECOPETROL S. A	2013
Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria CPO 10 NORTE	1:25.000	ECOPETROL S. A	2014
Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas del Río Guayuriba	1:25.000	CORMACARENA	2018

NOMBRE	ESCALA	ENTIDAD	AÑO
Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación del Plan de Manejo Ambiental Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene	1:25.000	ECOPETROL S. A	2022
Servicio Geológico Colombiano (SGC)			
GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 266 VILLAVICENCIO	1:100.000	SGC	2001
INTEGRACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES: DEPARTAMENTO DEL META Y SECTOR SUROCCIDENTAL DEL DEPARTAMENTO DE CASANARE PLANCHAS 248,249,250,251,252,267,268,269,270 y 271	1:100.000	SGC	2010
CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA ZONA CENTRO Y SUR DEL DEPARTAMENTO DEL META PLANCHAS 286, 287, 288, 290, 307, 308.	1:100.000	SGC	2010
GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 285 SAN MARTIN	1:100.000	SGC	2013
Cartografía			
Cartografía Geológica de la Plancha 266 (Servicio Geológico Colombiano)	1:100.000	SGC	2001
Cartografía Geológica de la Plancha 267 (Servicio Geológico Colombiano)	1:100.000	SGC	2010
Cartografía Geológica de la Plancha 285 (Servicio Geológico Colombiano)	1:100.000	SGC	2013
Cartografía Geológica de la Plancha 286 (Servicio Geológico Colombiano)	1:100.000	SGC	2010

Fuente: SGI SAS, 2025

3.2.1.1 Geología Regional

El área de influencia se emplaza en el sector suroriental de la cuenca sedimentaria de los Llanos Orientales, desarrollada en el contexto de un sistema de antepaís (*foreland complex*), donde la acumulación sedimentaria está controlada por la dinámica tectónica regional y la segmentación del basamento (INGEOMINAS, 2010).

La cuenca de los Llanos Orientales se extiende entre el frente de deformación de la Cordillera Oriental, al occidente, y el afloramiento del escudo Guayanés, al oriente. Sus límites geomorfológicos están definidos al norte por la frontera colombo-venezolana; al sur por la Serranía de la Macarena y el Arco del Vaupés; al oeste por el sistema de fallas de Guaicáramo; y al este por el escudo Guayanés (ANH, 2012).

Como se observa en la **Figura 3.2.1-1**, la cuenca presenta una configuración morfoestructural marcadamente asimétrica, resultado de la convergencia continua de la placa Sudamericana con las placas de Nazca y Caribe. En su margen occidental se desarrolla un borde plegado y fallado asociado al frente de deformación de la Cordillera Oriental, mientras que hacia el oriente se dispone un prisma sedimentario de antepaís que reposa sobre el basamento cristalino, conformando un homoclinal de pendiente suave. Esta geometría regional se encuentra localmente interrumpida por sistemas de fallas del basamento, con predominio de vergencia hacia el orógeno.

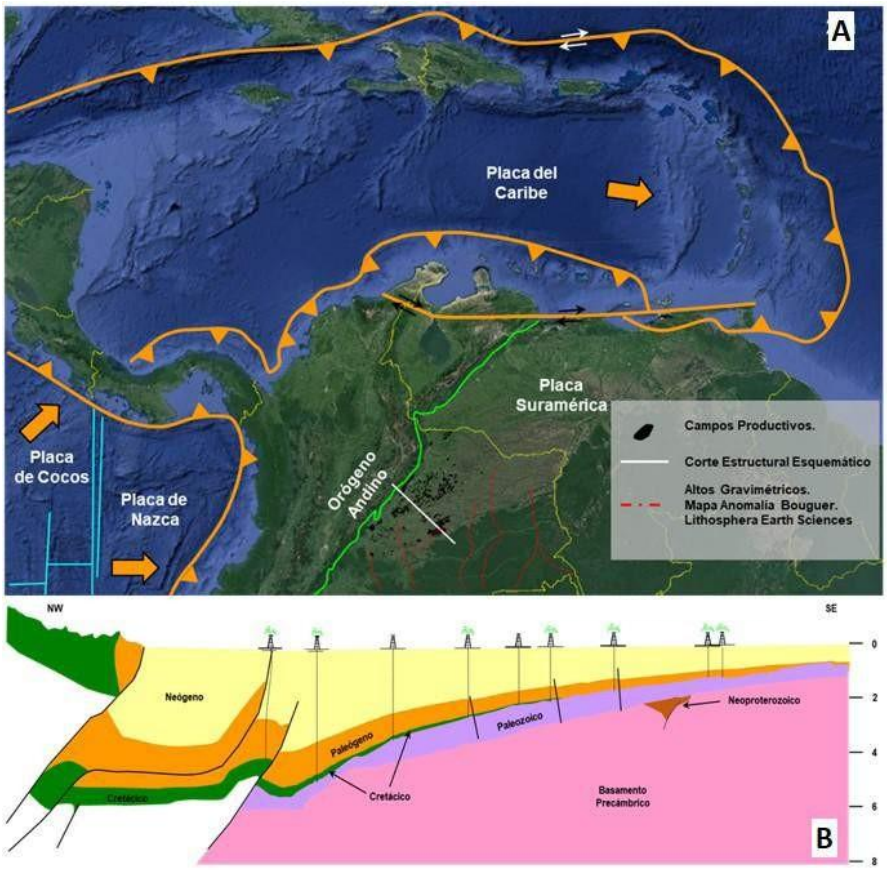


Figura 3.2.1-1 Mapa tectónico simplificado, junto a un corte estructural esquemático de la cuenca Llanos Orientales. Fuente: Albariño & Rodríguez (2022).

Cooper (1995) determina que el desarrollo de la cuenca de antepaís Llanos Orientales se enmarca en la evolución de las cuencas Valle Medio del Magdalena y Cordillera Oriental. La evolución estructural de esta cuenca puede describirse en ocho eventos principales comprendidos desde el Triásico hasta el presente. El primer evento que corresponde a cuencas de rift presentes del Triásico al Cretáceo, como resultado de la separación de Norte y Sur América por la apertura del Caribe. El segundo correspondiente al Barremiamo al Maastrichtiano se ve expresado un período prolongado de extensión episódica, generando una serie de fallas extensionales (Sistema de Fallas Guaicáramo) junto con una subsidencia pasiva regional en una cuenca retro-arco.

Procesos similares a los descritos anteriormente se manifiestan al sur de la cuenca, la cual incluye los pozos Libertad-1, R, Apiay-16, Gaván-1, Murujuy-1 y Garibay-1. Hacia el sureste las unidades basales de la Formación Carbonera, específicamente la Lutita E3, Arenisca T1 y Unidad C8 reducen su espesor de manera considerable debido a acuñamientos. Los pozos ubicados al sureste cortaron una secuencia sedimentaria de menor espesor, y alcanzaron rocas paleozoicas en los pozos Murujuy-1 y Garibay-1. Es importante destacar que el pozo Garibay-1, no muestra evidencia de formaciones cretácicas, debido a que se encuentra fuera del límite de depósito de la Formación Gachetá.

Para el sector sur y sureste de la cuenca, las formaciones León y Guayabo, lo mismo que la Formación Carbonera y sus unidades operacionales, como ya se mencionó se vuelven más arenosas, por lo que son difíciles de diferenciar, por lo tanto, se ha generalizado el uso de la

nomenclatura de Chevron en el área de Castilla, donde: “Formación Caja” comprende desde superficie hasta la base de la unidad operacional “Areniscas de Carbonera” de la Formación Carbonera, en la nomenclatura del sector del campo Apiay/ECOPETROL. “Formación Diablo” desde las “Areniscas de Carbonera” hasta el tope de la unidad operacional “Lutita E3”, de Apiay/ECOPETROL, y “Formación San Fernando” desde aquí hasta el tope del Cretáceo (ANH, 2012). En la Figura 3.2.1-2 se presenta el mapa con la geología regional del área de influencia fisicobiótica.

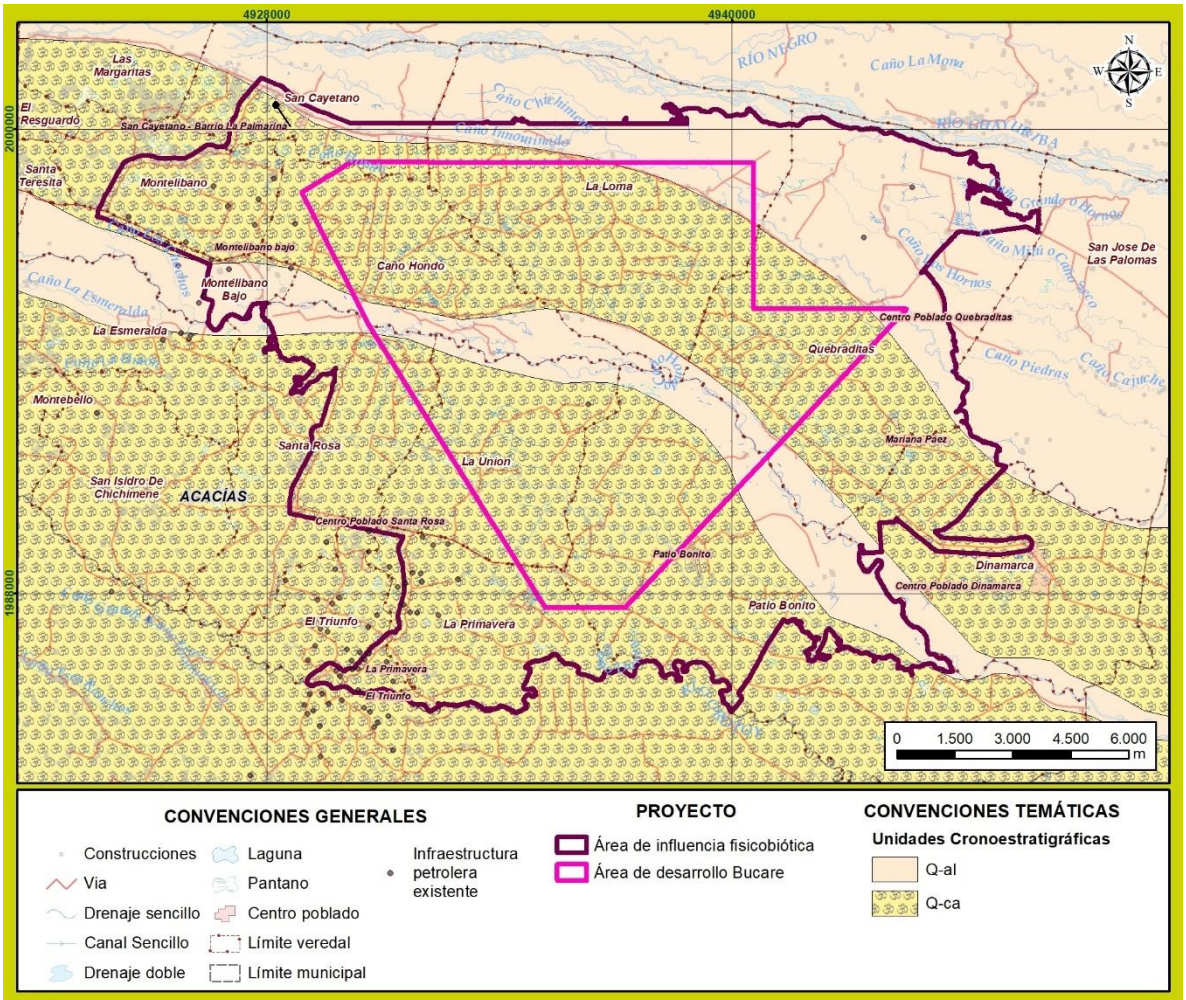


Figura 3.2.1-2 Mapa con la geología regional en el área de influencia físicobiótica
Fuente: SGC, 2020

3.2.1.1.1 Estratigrafía Regional

La estratigrafía regional de la cuenca de Llanos Orientales refleja la superposición de varias cuencas formadas en diferentes períodos geológicos. La columna sedimentaria de esta región está compuesta por rocas del basamento precámbrico, así como por unidades sedimentarias de edades paleozoica, mesozoica y cenozoica. Además, para el área de influencia, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) destaca la significativa presencia de depósitos cuaternarios. En la **Figura 3.2.1-3**, se presenta la columna estratigráfica generalizada presentada por la ANH para la cuenca Llanos Orientales.

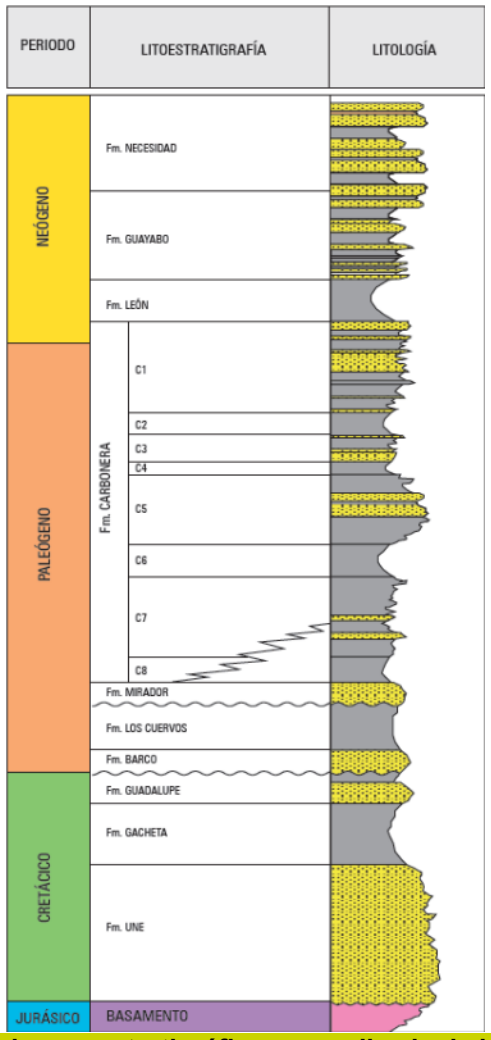


Figura 3.2.1-3 Columna estratigráfica generalizada de la cuenca Llanos Orientales.
Fuente: ANH, 2012

3.2.1.1.1.1 Basamento Precámbrico

La ANH (2012) reporta en el área del Meta se reportan dos tipos de basamentos, uno igneo-metamórfico de composición diorítica – sienítica, reportado en la descripción de los pozos Negritos-1 y Voragine-1 y filitas (metamorfismo de bajo grado en los pozos Suria-1, Castilla-2, 12 y 18 y Quenane-1127-1X, y cuarcitas registradas en el pozo Candilejas-1, las cuales podrían ser prolongación del macizo de Quetame.

3.2.1.1.1.2 Paleozoico

Dado que pocos pozos han perforado dicha secuencia completamente hasta el basamento, la estratigrafía del paleozoico para esta cuenca no se conoce muy bien. No obstante, Pérez y Bolívar (1985) reportan que la secuencia alcanzo un espesor de 1350 pies, mediante la descripción del pozo Negritos-1.

Asimismo, Pérez *et al.* (1985) determinan que esta secuencia descansa de forma discordante sobre el basamento e inicia su deposición con una transgresión marina a finales del Cámbrico o comienzos del Ordovícico.

Litológicamente se ve descrito para el área en los pozos ubicados al sureste de la cuenca se han encontrado metasedimentos (Humadea-1, Chichimene-1, Candilejas-1, Uribe-1, Apiay-4P, San Juan-1, Ariari-1), los cuales describen la secuencia 1 de "ECOPETROL-Beicip-Franlab (1995)". Esta secuencia se encuentra limitada por discordancias regionales, la primera separa el Paleozoico Inferior (Cámbrico-Ordovícico) del Paleozoico Superior (Devónico -Pérmico) y la inferior que separa el Paleozoico del Basamento.

3.2.1.1.1.3 Mesozoico

En la cuenca Llanos Orientales se tiene registro de rocas del Triásico- Jurásico y Cretáceo.

3.2.1.1.1.3.1 Triásico – Jurásico

Apariciones de rocas pertenecientes al Triásico-Jurásico se registran únicamente en el área de Arauca, en los pozos de Arauquita-1, Matanegra-1 y Guafita- 5X, como capas rojas datadas de esta edad. Estas capas, preservadas en grabens aislados, pueden asociarse con fenómenos de distensión tipo rift.

3.2.1.1.1.3.2 Cretáceo

La secuencia cretácica, del Albiano hasta Campaniano, está compuesta esencialmente de detritos finos y gruesos y suprayace discordantemente sobre rocas triásico – jurásicas, paleozoicas o basamento ígneo metamórfico.

- **Formación Une (Albiano-Cenomaniano)**

Ambiente de sedimentación: Ambiente fluvial.
Descripción Litológica: Areniscas cuarzosas con intercalaciones menores de lutitas y de limolitas carbonosas.
Espesor: Su espesor aumenta, en general, hacia el Noroeste. Presenta valor de cero en el límite de erosión o no deposición en el oriente y sureste; de 50 a 350 pies, en promedio, en área del Meta; 300 a 600 pies en Arauca; y llega hasta 650 pies en el Piedemonte Llanero, con un valor máximo en los pozos Santa María-1, Casanare-1 y Tame1, cerca del frente de montaña.

- **Formación Gachetá (Turoniano-Conaciano)**

Ambiente de sedimentación: Ambiente de plataforma interna.

Distribución: Esta formación se acuña o no está presente por erosión en el oriente y suroriente de la cuenca.

Descripción Litológica: Secuencia de lutitas, de color gris a gris oscuro, con desarrollos menores de areniscas, con contenido variable de glauconita; presenta a veces pequeños niveles calcáreos.

Espesor: El espesor aumenta hacia el noroccidente, y el valor máximo encontrado en el sector suroccidental de la cuenca, en las proximidades Chichimene-1, Vanguardia-1, Cumaral-1 y Medina-1, es superior a 600 pies. Hacia el noreste el espesor máximo se encuentra en el pozo Chigüiro-1.

- **Formación Guadalupe (Campaniano)**

Ambiente de sedimentación: Ambiente de planicie costera.

Descripción Litológica: Secuencia de areniscas masivas, con pequeñas intercalaciones de lutitas, a veces con pequeñas capas de carbón.

Espesor: El espesor máximo observado en la cuenca Llanos Orientales se encuentra en el pozo La Coral-1 (600 pies), en el sector de Arauca, y al sur en el área de Vanguardia-1, Cumaral-1 y Medina-1, con más de 600 pies.

3.2.1.1.1.4 Cenozoico

El Cenozoico se ve representado por rocas del Paleógeno al Cuaternario.

- **Formaciones Barco y Los Cuervos (Paleoceno tardío)**

Ambiente de sedimentación: Ambiente de planicie costera.

Distribución: Estas formaciones están ausentes en los sectores de Apiay – Ariari, en el sur, y Caño Limón, al norte, y están presentes únicamente en el borde occidental de la cuenca.
Descripción Litológica: En el sector de Casanare, son areniscas masivas, pobremente clasificadas en la base, suprayacidas por lutitas de color gris y gris verdoso, con intercalaciones locales de algunas capas delgadas de carbón y delgadas intercalaciones de areniscas en la Formación Los Cuervos.
En el área de Arauca la Formación Barco consta de areniscas cuarzosas masivas de grano fino a grueso, con intercalaciones delgadas de lutitas. La secuencia sedimentaria de la Formación Los Cuervos corresponde a lutitas de color gris, intercaladas con areniscas de color parduzco, de grano muy fino a medio.
Límites de la unidad: Contactos con las secuencias inferiores y superiores son discordantes.
Espesor: Los espesores de estas formaciones aumentan regular y rápidamente hacia el Occidente, y superan los 1.000 pies en los primeros corrimientos de la cordillera. El máximo espesor se registra en el pozo Medina-1, donde tiene1.710 pies

- **Formación Mirador (Eoceno Tardío)**

Ambiente de sedimentación: Ambiente continental.
Descripción Litológica: Areniscas masivas con diferentes granulometrías, generalmente granodecrecientes de base a techo, compuestas por cuarzo, algunas veces feldespato, materia orgánica leñosa y glauconita, hacia la parte superior de la secuencia.
Límites de la unidad: Su límite basal es discordante, mientras que su contacto superior con la Formación Carbonera es concordante.
Espesor: El espesor de la Formación Mirador aumenta hacia el Occidente, hasta alcanzar 950 pies en el pozo Floreña-1.

- **Formación Carbonera (Oligoceno temprano- Mioceno temprano)**

Ambiente de sedimentación: Ambiente de planicie costera; ambiente transicional a continental.
Espesor: En el pozo Llanos-1 alcanza cerca de 6.000 pies.
Descripción Litológica: Consiste en una alternancia de rocas arcillosas, limosas y de arenisca, a veces con niveles de carbón (Charitat y otros, 1985). Elf Aquitaine para el área de Casanare dividió esta unidad en 8 miembros o unidades operacionales (C1 a C8), de los cuales los niveles pares son transgresivos, fino granulares e importantes sellos regionales; los impares son regresivos, arenosos, los cuales, desde C7 a C3 son productores de hidrocarburos en varios sectores de la cuenca, en especial en C7.

De acuerdo con la síntesis estratigráfica presentada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH, 2012), la Formación Carbonera ha sido subdividida, para fines operativos, en nueve unidades internas, las cuales presentan equivalencias con la nomenclatura propuesta previamente por ELF Aquitaine y adoptada en los esquemas de correlación utilizados en la Cuenca de los Llanos Orientales. Esta homologación se presenta en la **Tabla 3.2.1-2**.
Límites de la unidad: El contacto superior con la Formación León es conforme y gradual.

Tabla 3.2.1-2 Homologación de las nomenclaturas de las unidades operacionales de la Formación Carbonera.

NOMENCLATURA ELF AQUITAINE	NOMENCLATURA ECOPETROL
C8	Lutita E4
C7	Unidad T1
C6	Lutita E3
C5	Conjunto C2
C4	No son evidentes sus características litológicas al suroeste de la cuenca.
C3	Areniscas de Carbonera
	Conjunto C1
C2	Lutita E
C1	Areniscas Superiores de Carbonera

Fuente: ANH, 2012 adaptado por SGI SAS, 2025

- **Formación León (Mioceno medio)**

Ambiente de sedimentación: Ambiente marino somero.
Descripción Litológica: Capas gruesas de lutitas grises.
En el sector suroeste de la cuenca, este intervalo cronoestratigráfico se vuelve muy arenoso, por lo que es difícil diferenciarlo.
Espesor: Los máximos espesores observados se encuentran en los sectores de Chaparral-1 (más de 2.500 pies) y Arauca-1 (1.980 pies).

- **Formación Guayabo (Mioceno tardío-Cuaternario)**

Ambiente de sedimentación: Hacia la base tiene influencia marina y hacia el tope fluvial marino a continental. En el área del Meta tiene mayor dominio continental.
Descripción Litológica: Alternancia de arcillolitas de colores grises a pardo rojizos, muy solubles, y areniscas mal seleccionadas, finas a muy gruesas, a veces con niveles de conglomerados, ocasionalmente, hacia el tope presentan niveles carbonosos.
Espesor: En el piedemonte de la cordillera tiene un espesor de más de 13.000 pies. En la parte central de la cuenca está representada por una sección de 2.000 a 8.000 pies. Regionalmente se adelgaza hacia el sur de la cuenca.

3.2.1.1.1.5 Cuaternario

El cuaternario se ve representado por sedimentos cuaternarios con bloques de guijos y guijarros mal seleccionados, que incluyen rocas metamórficas y sedimentarias. Goosen (1964) determina tres tipos de estos sedimentos antes mencionados, que corresponden a abanicos aluviales subrecientes, terrazas aluviales en varios niveles y aluviones recientes. Adicionalmente, en la Plancha 285 – San Martín, el SGC determina que la edad de estos depósitos aluviales de abanico corresponde al Holoceno.

3.2.1.1.2 Estructuras Regionales

A nivel regional, la cuenca de los Llanos Orientales presenta una variedad de elementos estructurales, con especial relevancia en el piedemonte llanero. Sin embargo, en esta sección se hará énfasis en las principales estructuras regionales que inciden directamente sobre el área de estudio.

3.2.1.1.2.1 Fallas y Lineamientos

- **Sistema de Falla de Villavicencio-Colepato**

Corresponde realmente a un sistema de fallas de poca longitud con una vergencia hacia el Este que ponen en contacto las rocas de la Formación Une del Cretácico Inferior con la Formación La Corneta del Neógeno Superior. Se consideran parte del sistema de fallas del borde llanero, de cabalgamiento, que representan la continuación o complemento del sistema de fallas de Guaicáramo. El Sistema de Falla Villavicencio tiene una dirección noreste-suroeste, de cabalgamiento, ángulo bajo y longitud mayor a los 40 kms. En el sector, la falla se encuentra cubierta por sedimentos del cuaternario y se reconoce básicamente por interpretación geomorfológica.

- **Falla Villa Lucía**

Se trata de una ramificación de la Falla de Algeciras, un sistema de fallas de extensión regional ubicado en la Cordillera Oriental, caracterizado por su orientación de rumbo y desplazamiento dextral, que converge hacia el norte con el Sistema de Fallas de Guaicáramo. Esta estructura presenta un rumbo promedio noreste (NE) y un buzamiento alto hacia el sureste (SE). Según lo reportado en la Plancha 285 – San Martín del Servicio Geológico Colombiano (SGC), corresponde a un sistema de fallas estriadas con rumbo noreste-norte (NNE) y buzamientos intermedios a altos, tanto hacia el noroeste (NW) como hacia el sureste (SE), con movimientos predominantemente dextrales. Las fallas de este sector se desarrollaron bajo un régimen de esfuerzos dominado por movimientos transcurrentes. Además, se ha reportado que esta falla se prolonga hasta el basamento, como se ilustra en la Figura 3.2.1-8.

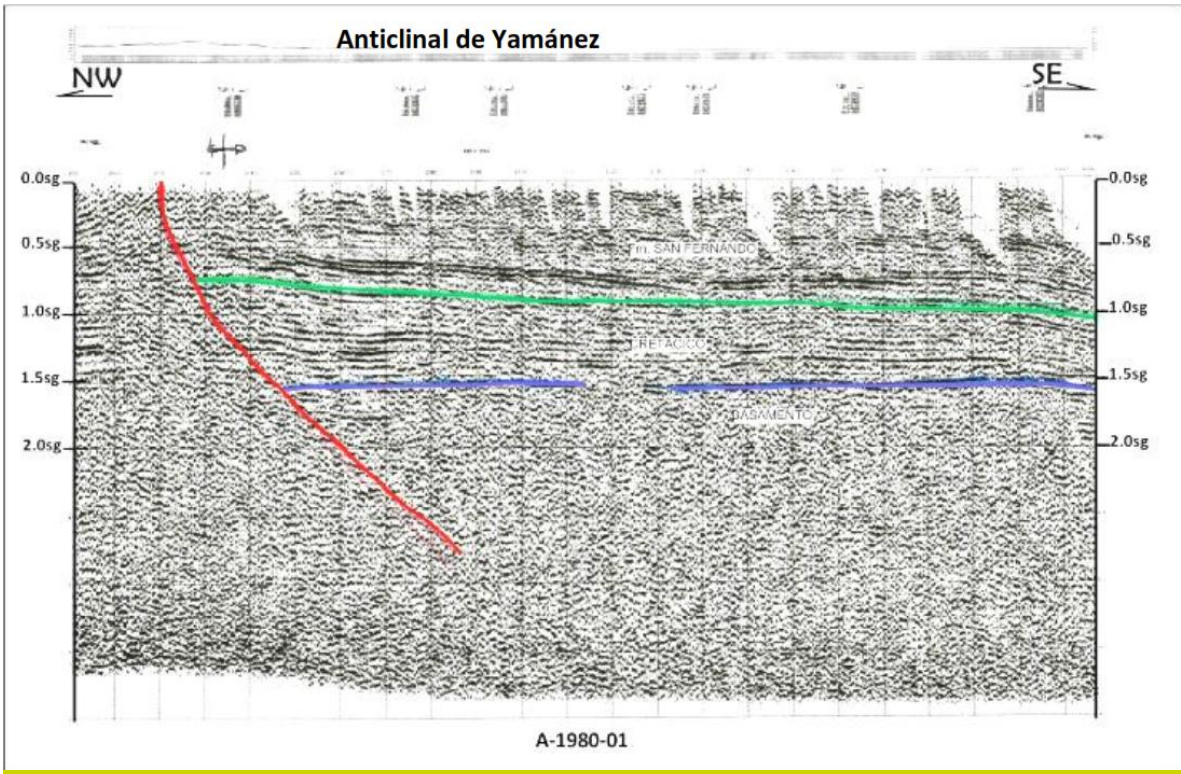


Figura 3.2.1-4 Línea sísmica A-1980-1. De color rojo la Falla Villa Lucía. Profundidad dada en tiempo (TWT).
Fuente: SGC, 2015

- **Lineamiento de Chichimene**

  Estructura geomorfológica de tendencia general N45°E localizada aproximadamente 12 km al sureste del Municipio de Acacías, con una extensión dentro del área mayor a los 15 kms. Su trazo está cubierto por terrazas aluviales de edad cuaternaria.

En la Figura 3.2.1-5 se presentan las estructuras regionales en el área de influencia fisicobiótica.

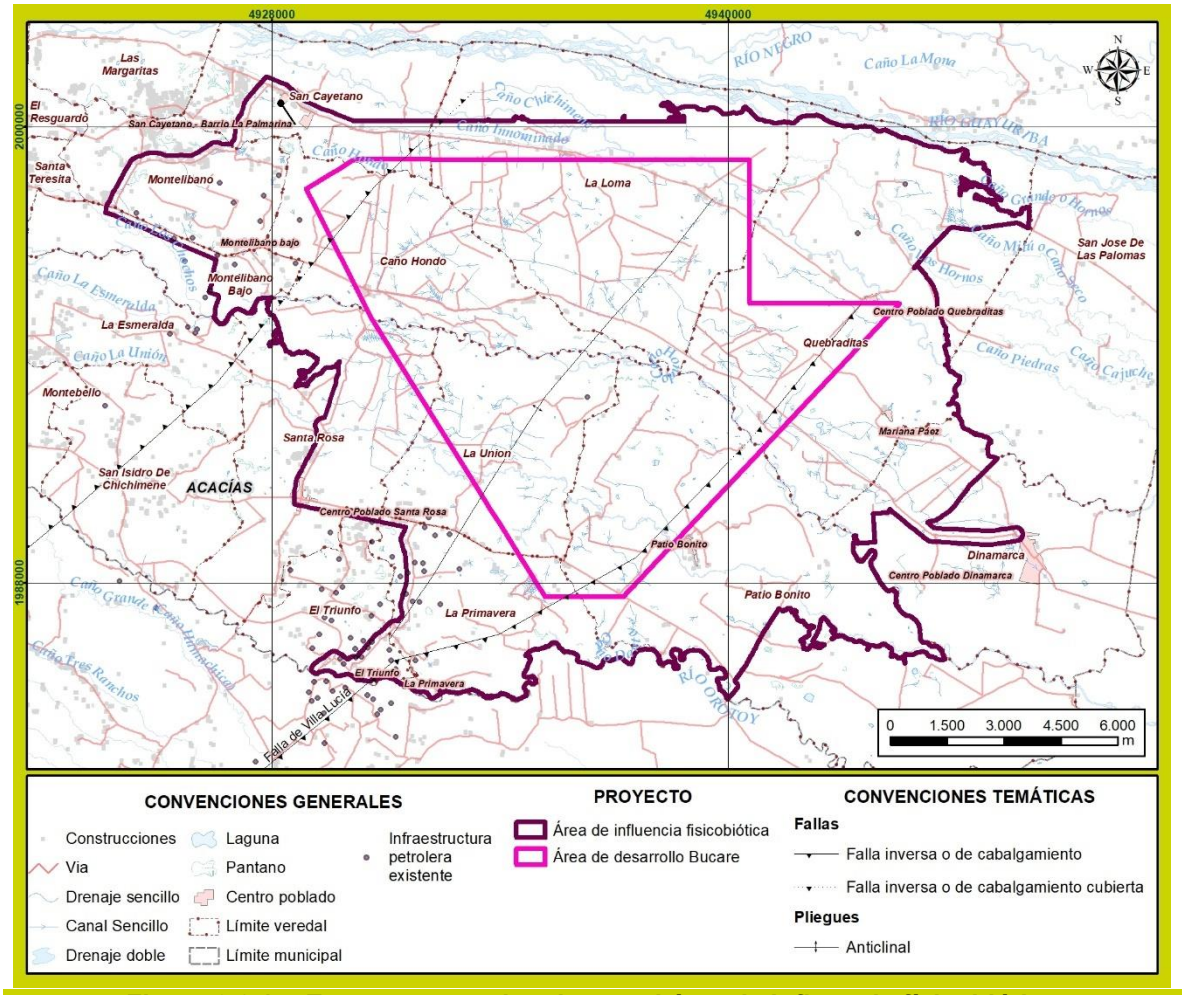


Figura 3.2.1-5 Estructuras regionales en el área de influencia físicobiótica
Fuente: Modificado de SGC, 2020

3.2.1.2 Geología Local

La geología aflorante en el área está compuesta principalmente por depósitos no consolidados de edad Cuaternaria, asociados a procesos de origen fluviotorrencial y fluvial. Estas unidades incluyen depósitos de abanico aluvial, terrazas altas, medias y bajas, planos de inundación de drenajes mayores y menores, así como depósitos aluviales correspondientes a cauces activos (ver **Figura 3.2.1-6**).

En términos generales, las características litológicas tienden a repetirse entre las distintas unidades, dado que los diferentes niveles de terraza se originan por la acción erosiva y socavación vertical ejercida por los drenajes mayores sobre el abanico aluvial. Este proceso da lugar a niveles escalonados donde los materiales del abanico son retrabajados o erosionados. De igual manera, en los planos de inundación, tanto de drenajes mayores como menores, se observa la combinación de materiales transportados desde la cordillera con aquellos preexistentes en el abanico aluvial. En conclusión, la similitud litológica entre las unidades obedece a la marcada influencia fluvial que caracteriza su génesis, y refleja las dinámicas propias de la evolución del paisaje fluvial.

En la Figura 3.2.1-6 se muestra la distribución espacial de las unidades geológicas aflorantes dentro del área de influencia físicobiótica, mientras que en la Tabla 3.2.1-3 se presenta la cuantificación de sus áreas y la participación porcentual de cada una.

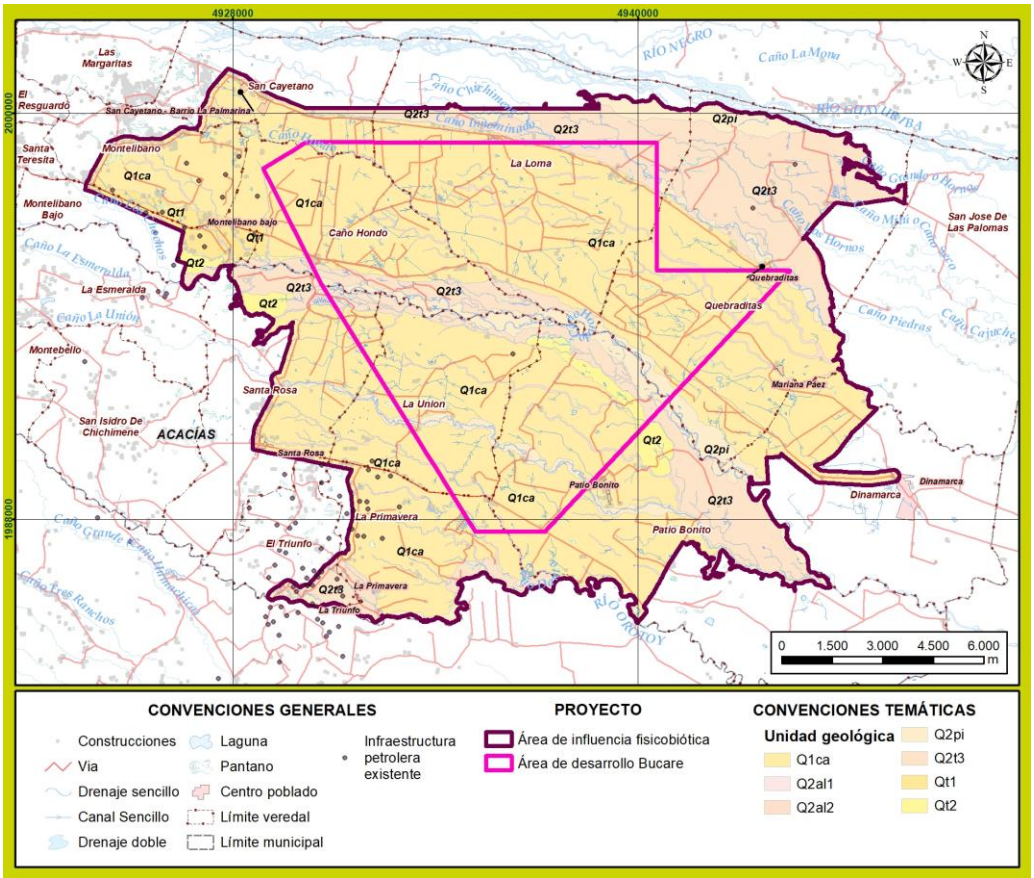


Figura 3.2.1-6 Cartografía geológica para el área de influencia.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 3.2.1-3 Áreas de las Unidades Geológicas aflorantes en el área de influencia físicobiótica

NOMBRE	NOMENCLATURA	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
		ÁREA (ha)	ÁREA (%)	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Depósitos de Abanico Aluvial	Q1ca	16714,83	66,85	8297,15	79,68
Depósitos de Terraza Baja	Q2t3	4832,93	19,33	942,42	9,05
Depósitos de Terraza Media	Qt2	440,74	1,76	158,08	1,52
Depósitos de Terraza Alta	Qt1	432,80	1,73	0,00	0,00
Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores	Q2pi	1767,64	7,07	651,50	6,26
Depósitos aluviales de drenajes mayores	Q2al1	167,67	0,67	84,50	0,81
Depósitos aluviales de drenajes menores	Q2al2	648,41	2,59	278,79	2,68
TOTAL		**25005,03**	**100,00**	**10412,44**	**100,00**

Fuente: SGI SAS, 2025

Por otro lado, la construcción del marco geológico local se llevó a cabo mediante la integración de técnicas de fotointerpretación, trabajo de campo e información geofísica. La información recolectada en campo se organizó en 118 estaciones distribuidas en las distintas unidades geológicas descritas en este documento. Estas unidades fueron sistematizadas en los formatos de campo disponibles en la ruta **ANEXOS/5.ANEXO ABIÓTICO/5.1GEOLOGIA**. La **Tabla 3.2.1-4** se presentan los puntos caracterizados y en la Figura 3.2.1-7 se presenta su distribución espacial en el área de influencia.

Tabla 3.2.1-4 Puntos de control geológico para el área de influencia fisicobiótica por unidad geológica

No.	UNIDAD	NOMENCLATURA	AFLORAMIENTOS	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE (m)	NORTE (m)
1	Depósitos de Abanico Aluvial	Q1ca	GEO10	4939946,37	1985586,83
2			GEO11	4939213,38	1986217,85
3			GEO12	4939214,82	1986240,59
4			GEO13	4938590,15	1987162,18
5			GEO20	4930182,78	2000003,85
6			GEO21	4932130,03	1999930,99
7			GEO23	4935159,90	1999525,70
8			GEO24	4935024,44	1999527,70
9			GEO25	4934928,70	1999504,05
10			GEO35	4943938,25	1995601,85
11			GEO36	4937474,25	1996699,01
12			GEO37	4942559,06	1996173,88
13			GEO38	4935056,53	1996960,53
14			GEO39	4942751,71	1996245,85
15			GEO41	4939687,56	1998147,80
16			GEO43	4943176,51	1995754,51
17			GEO48	4939341,62	1998370,41
18			GEO52	4935930,83	1999370,65
19			GEO65	4930618,32	1996597,94
20			GEO72	4934105,56	1987686,06
21			GEO76	4924943,68	1999130,37
22			GEO88	4932512,88	1992853,32
23			GEO89	4933060,96	1993255,24
24			GEO90	4932853,92	1993922,42
25			GEO93	4932891,78	1994002,03
26			GEO96	4935555,33	1993443,74
27			GEO105	4939643,03	1995697,66
28			GEO109	4931582,69	1994108,09
29			GEO112	4931920,57	1991840,10
30			GEO113	4925652,45	1997820,35
31			GEO114	4930312,94	1999956,43

No.	UNIDAD	NOMENCLATURA	AFLORAMIENTOS	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE (m)	NORTE (m)
32			GEO117	4942178,50	1990841,25
33			GEO118	4932502,19	1992852,42
34	Depósitos de Terraza Alta	Qt1	GEO73	4927923,44	1996049,31
35			GEO74	4927836,29	1995492,03
36	Depósitos de Terraza Media	Qt2	GEO84	4937893,32	1992989,90
37			GEO87	4938032,69	1992763,44
38	Depósitos de Terraza Baja	Q2t3	GEO1	4943664,32	1987932,74
39			GEO2	4943990,09	1987907,13
40			GEO7	4944748,03	1986775,00
41			GEO18	4930613,93	1999966,88
42			GEO19	4930527,38	2000002,33
43			GEO22	4931617,61	1999911,12
44			GEO28	4945653,10	1997549,22
45			GEO29	4945715,20	1998309,50
46			GEO30	4945642,68	1999436,09
47			GEO31	4945599,10	1999448,02
48			GEO32	4945599,25	1999448,32
49			GEO33	4945628,86	1998802,07
50			GEO46	4938972,07	1999679,50
51			GEO49	4939444,81	1998345,61
52			GEO53	4930401,18	1995196,00
53			GEO58	4938002,39	1994198,20
54			GEO59	4937958,26	1994178,75
55			GEO60	4937914,88	1994311,51
56			GEO61	4935667,51	1994513,17
57			GEO63	4935523,80	1994117,41
58			GEO64	4935765,12	1994249,91
59			GEO80	4930802,83	1985534,96
60			GEO81	4930901,84	1985582,18
61			GEO82	4930942,36	1985605,92
62			GEO83	4930997,85	1985560,25
63			GEO85	4938357,40	1993397,81
64			GEO95	4932980,35	1994342,51
65			GEO106	4930398,55	1995150,74
66			GEO111	4932902,74	1994367,43
67			GEO116	4935889,62	1999416,40
68	Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores	Q2pi	GEO3	4944230,54	1987768,78
69			GEO4	4944454,04	1987295,24
70			GEO5	4944499,59	1987315,80

No.	UNIDAD	NOMENCLATURA	AFLORAMIENTOS	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE (m)	NORTE (m)
71			GEO6	4944477,71	1987317,52
72			GEO8	4941756,69	1988025,80
73			GEO14	4938583,41	1988852,04
74			GEO17	4942519,81	1989376,45
75			GEO26	4943938,11	1999858,05
76			GEO27	4943701,92	1999320,21
77			GEO44	4943581,46	1995883,72
78			GEO45	4940108,70	1999834,73
79			GEO51	4936193,13	1999904,82
80			GEO54	4938508,67	1993755,76
81			GEO55	4938411,26	1993482,95
82			GEO56	4938406,70	1993808,55
83			GEO57	4938173,46	1994068,39
84			GEO67	4934402,61	1986101,16
85			GEO78	4930197,86	1985480,32
86			GEO79	4930626,75	1985508,35
87			GEO86	4938339,70	1993429,78
88			GEO98	4940564,11	1992320,05
89			GEO99	4940760,14	1992237,44
90			GEO102	4940863,18	1991724,72
91			GEO103	4940950,10	1991876,16
92			GEO104	4940854,97	1992078,15
93			GEO107	4929404,71	1991973,51
94			GEO110	4930690,76	1992032,16
95			GEO115	4929196,56	1985699,53
96	Depósitos aluviales de drenajes mayores	Q2al1	GEO40	4940098,37	1998497,47
97			GEO47	4939496,80	1999087,78
98			GEO50	4935807,90	1999660,48
99			GEO97	4935752,69	1993696,61
100			GEO100	4940648,27	1991685,89
101			GEO101	4940642,85	1991694,96
102			GEO108	4930730,60	1992013,94
103	Depósitos aluviales de drenajes menores	Q2al2	GEO9	4940745,40	1986332,71
104			GEO15	4940213,10	1989551,58
105			GEO16	4934606,07	1987252,04
106			GEO34	4945019,66	1996445,68
107			GEO42	4942562,46	1994190,77
108			GEO62	4935627,37	1994177,75
109			GEO66	4935141,74	1987194,44

No.	UNIDAD	NOMENCLATURA	AFLORAMIENTOS	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE (m)	NORTE (m)
110			GEO68	4934263,39	1986157,32
111			GEO69	4933884,60	1986471,23
112			GEO70	4934170,41	1987592,05
113			GEO71	4934152,62	1987618,32
114			GEO75	4926596,59	1996191,31
115			GEO77	4930077,65	1985602,85
116			GEO91	4932848,09	1993947,28
117			GEO92	4932891,69	1993962,73
118			GEO94	4932956,07	1994015,46

Fuente: SGI S.A.S., 2025

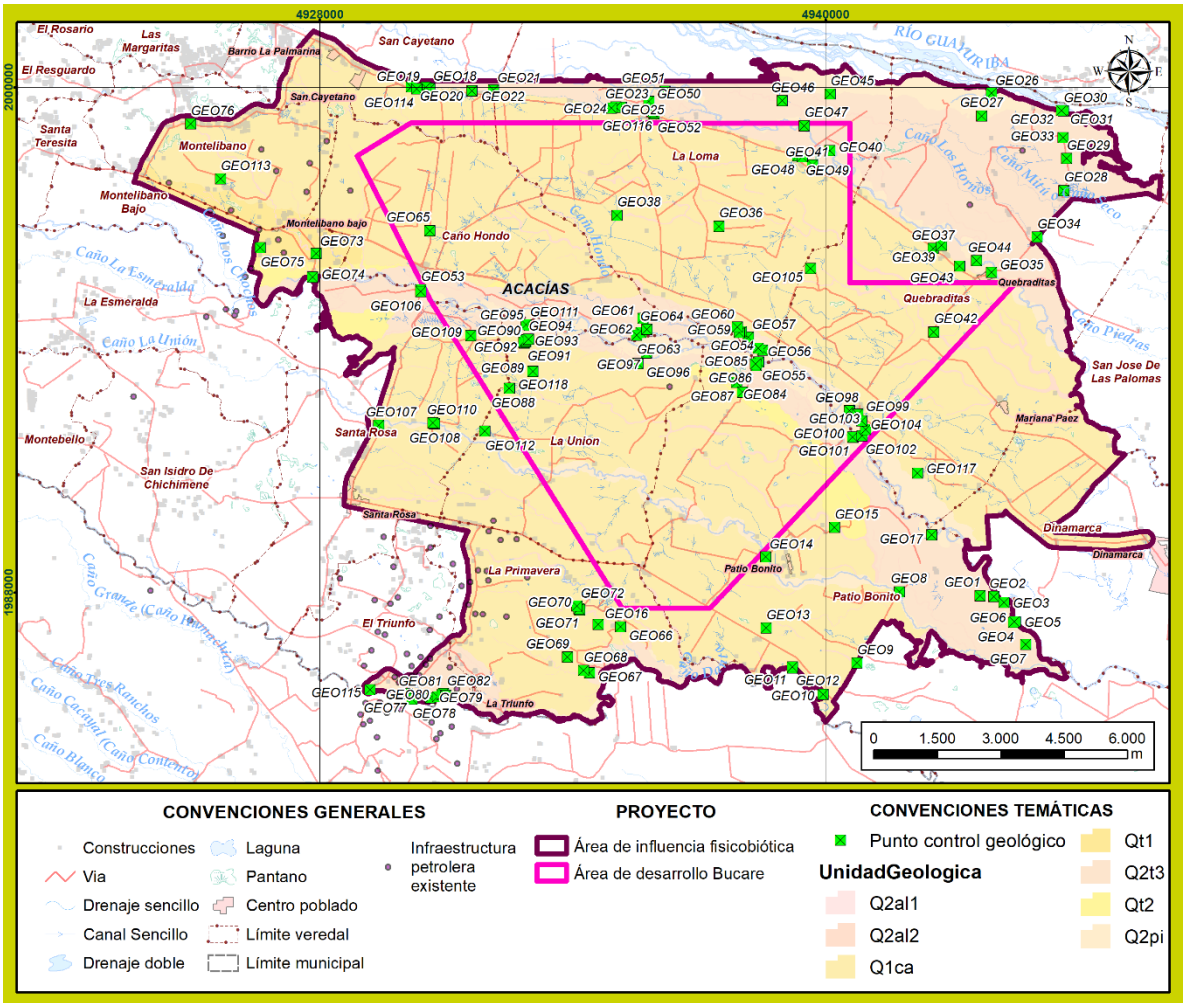


Figura 3.2.1-7 Distribución espacial de las estaciones geológicas realizadas en campo. Fuente: SGI S.A.S, 2025

Asimismo, a partir de información geofísica, como registros de pozos, sondeos magnetotelúricos y tomografías eléctricas, analizada en el capítulo 3.2.4 HIDROGEOLOGÍA y disponible en el **ANEXOS/5.ANEXO ABIÓTICO/5.4HIDROGEOLOGIA**, se elaboraron columnas estratigráficas (ver Figura 3.2.1-8) y perfiles geológicos para el área de influencia. Cabe resaltar que, para la construcción de los perfiles geológicos (ver **Figura 3.2.1-9**, **Figura 3.2.1-10**, **Figura 3.2.1-11** y **Figura 3.2.1-13**), además de los datos geofísicos, fue necesaria la integración con la cartografía geológica disponible.

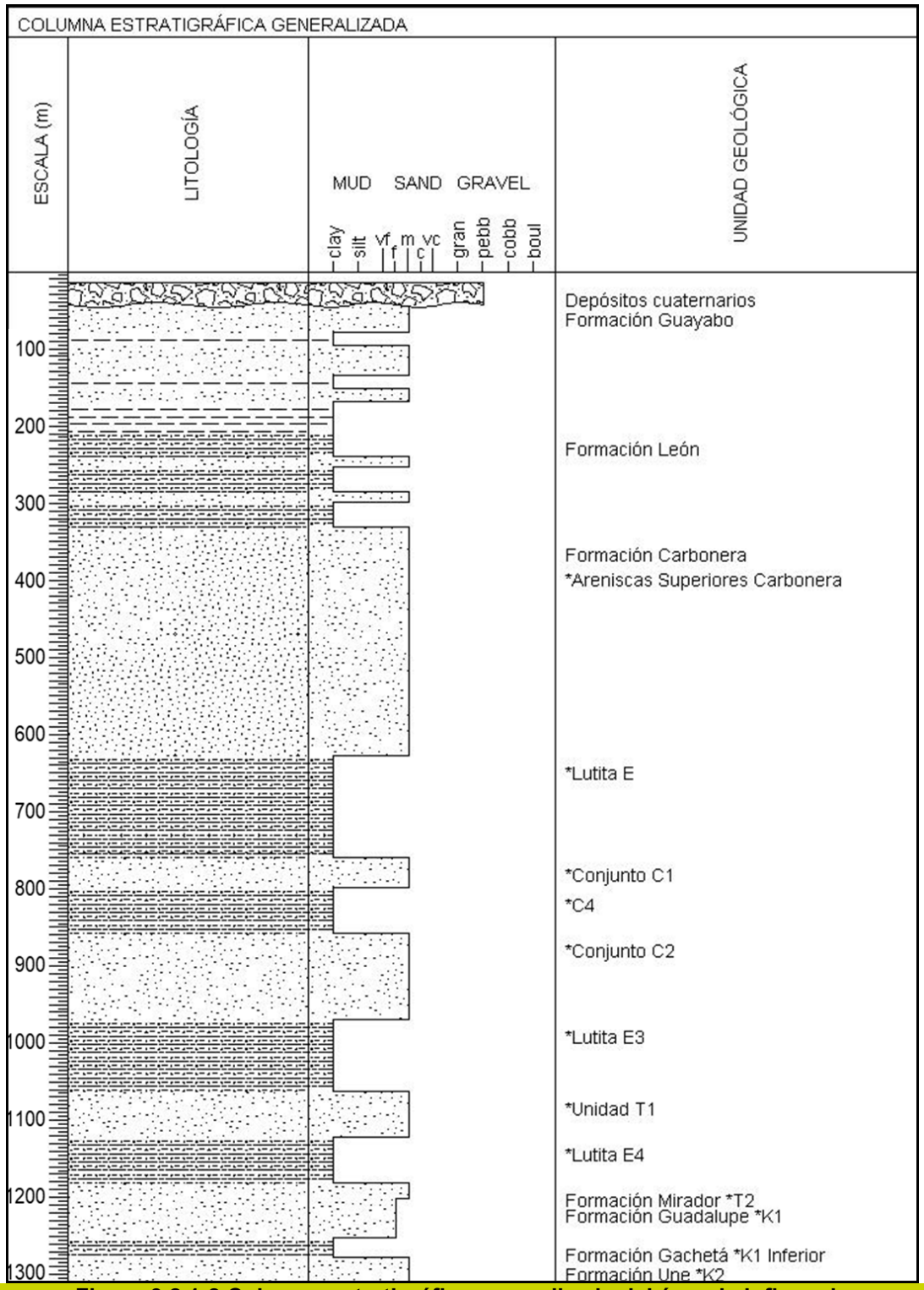


Figura 3.2.1-8 Columna estratigráfica generalizada del área de influencia
Fuente: SGI S.A.S, 2025

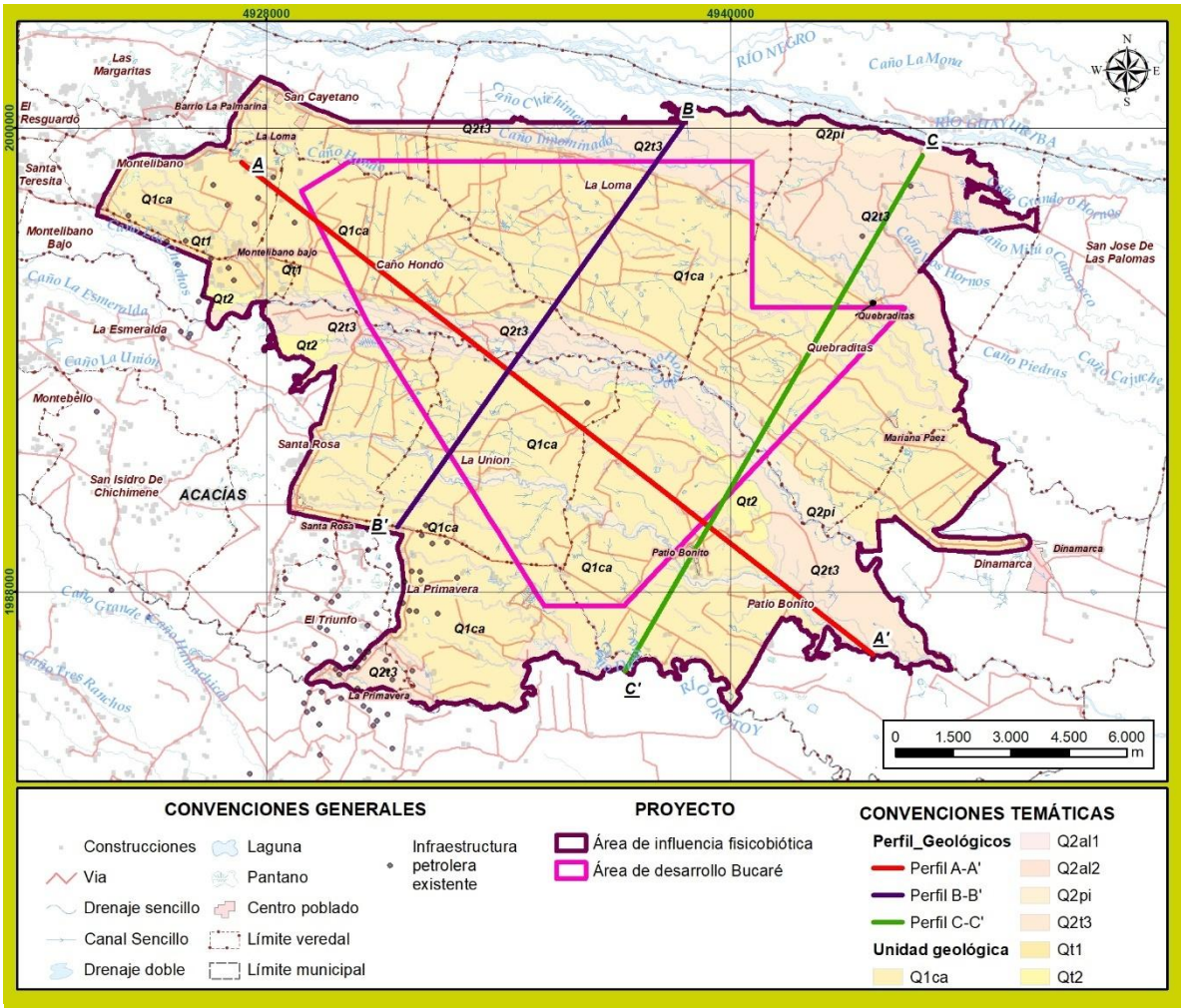


Figura 3.2.1-9 Perfiles geológicos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

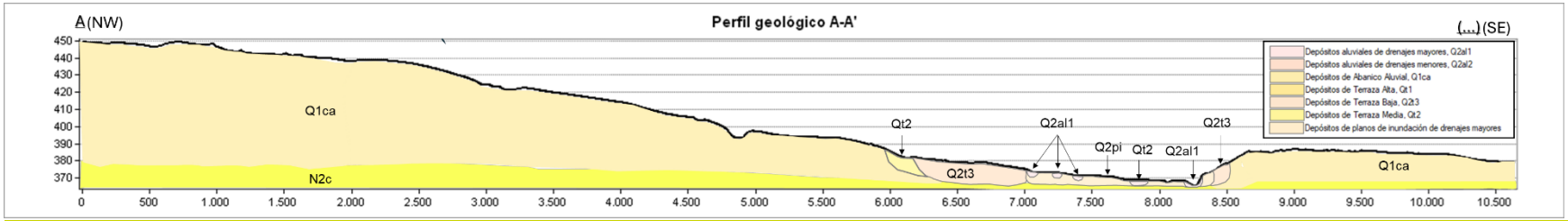


Figura 3.2.1-10 Perfil geológico A-A'
Fuente: SGI S.A.S, 2025

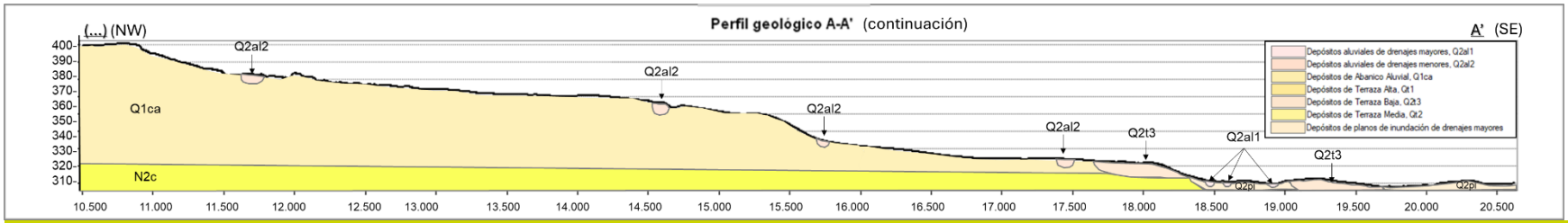


Figura 3.2.1-11 Perfil geológico A-A' (continuación)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

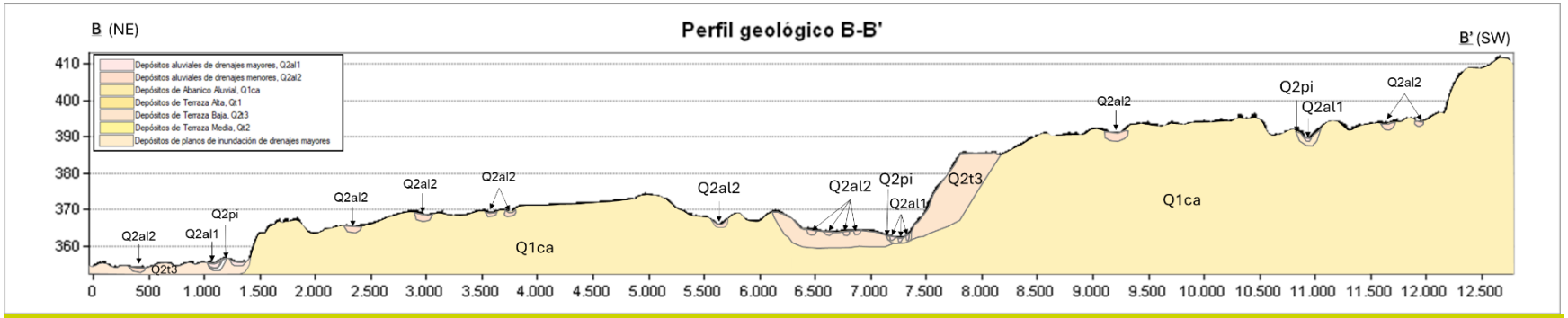


Figura 3.2.1-12 Perfil geológico B-B'
Fuente: SGI S.A.S, 2025

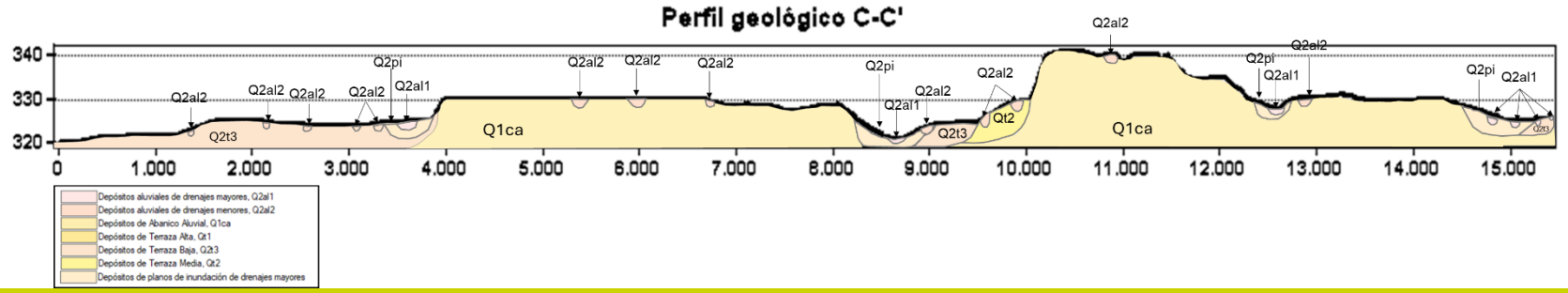


Figura 3.2.1-13 Perfil geológico C-C'
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.1 Fotointerpretación del marco geológico local

La fotointerpretación se vuelve vital como herramienta para la caracterización geológica preliminar de un área, ya que complementa el análisis de los insumos cartográficos y productos derivados de los sensores remotos, lo que permite identificar rasgos geomorfológicos y estructurales. Este análisis foto interpretativa se ve complementado con fases de campo para la verificación de este en el contexto del área de influencia.

3.2.1.2.1.1 Metodología

En esta sección se describe la metodología implementada en la fotointerpretación, que consiste en la revisión de imágenes satelitales y modelos de elevación, presentados en la **Tabla 3.2.1-5**.

Tabla 3.2.1-5 Insumos cartográficos empleados.

NOMBRE	RESOLUCION	OBSERVACIÓN	FECHA
Imagen Satelital			
Earth Scanner – JL-1KF01.	0,5 m	4 bandas espectrales (Azul, Verde, Rojo, y NIR)	26/08/2023
Modelo de Elevación Digital			
DEM WorldDEM Neo	5 m	No aplica	Sin información

Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

Esta sección se divide en dos principales: fotointerpretación geomorfológica, que se enfoca en el reconocimiento de las unidades geomorfológicas y los patrones del relieve con el fin de caracterizar y agrupar unidades geológicas, y fotointerpretación estructural orientada a la identificación de lineamientos y posibles estructuras geológicas que controlan la configuración del terreno. Ambos enfoques complementan el análisis integral del área de influencia, como insumo para caracterización geológica.

3.2.1.2.1.2 Interpretación foto-geomorfológica

La geomorfología fue un criterio clave para la delimitación de las unidades geológicas del área de influencia, al permitir diferenciar las formas del relieve asociadas a los procesos fluviales y aluviales. Es así como, mediante la fotointerpretación y el análisis morfométrico, se reconocieron características como la pendiente, concavidad y extensión, lo que permitió definir las unidades geológicas presentes. A continuación, se describen las unidades geológicas determinadas según su expresión geomorfológica; sin embargo, en el capítulo 3.2.2 GEOMORFOLOGÍA se realiza una descripción más detallada y consistente a la geomorfología presente.

3.2.1.2.1.2.1 Depósitos de Abanico Aluvial (Q1ca)

La unidad geológica Depósitos de Abanico Aluvial, corresponde a una forma de acumulación sedimentaria de origen fluvio-torrencial con disposición radial desde el punto donde una corriente abandona el área montañosa e ingresa a una zona plana. Desde la interpretación foto-geomorfológica, esta unidad se identifica como una superficie de morfología triangular con contorno arqueado y pendiente plana a suavemente inclinada (<5°), que se distribuyen radialmente desde un ápice. Con respecto a su topografía muestra un perfil rectilíneo a cóncavo en sentido longitudinal y convexo en sentido transversal, con un relieve bajo a muy bajo y longitudes de ladera moderadas (250–500 m).

Además, presenta variaciones locales en pendiente y forma, que responden a procesos de incisión y acumulación. Como es el caso de los bordes del abanico donde se desarrollan taludes cortos y

escarpados con pendientes entre 31° y 45°, resultado de la erosión por drenajes tributarios, que marcan transiciones abruptas dentro del abanico. Asimismo, en zonas deprimidas, especialmente hacia las partes más bajas, se reconocen áreas con topografía cóncava y mal drenaje, donde ocurren encharcamientos temporales (ver **Figura 3.2.1-14**).

Por su parte, el patrón de drenaje observado en la unidad es predominantemente distributivo, con canales que se bifurcan desde el ápice y se hacen más someros y dispersos hacia las zonas externas. En conjunto, esta unidad presenta una morfología bien definida, coherente con un sistema de abanico aluvial activo, donde se integran procesos de deposición, incisión y anegamiento que modelan su forma y funcionalidad dentro del paisaje del piedemonte.

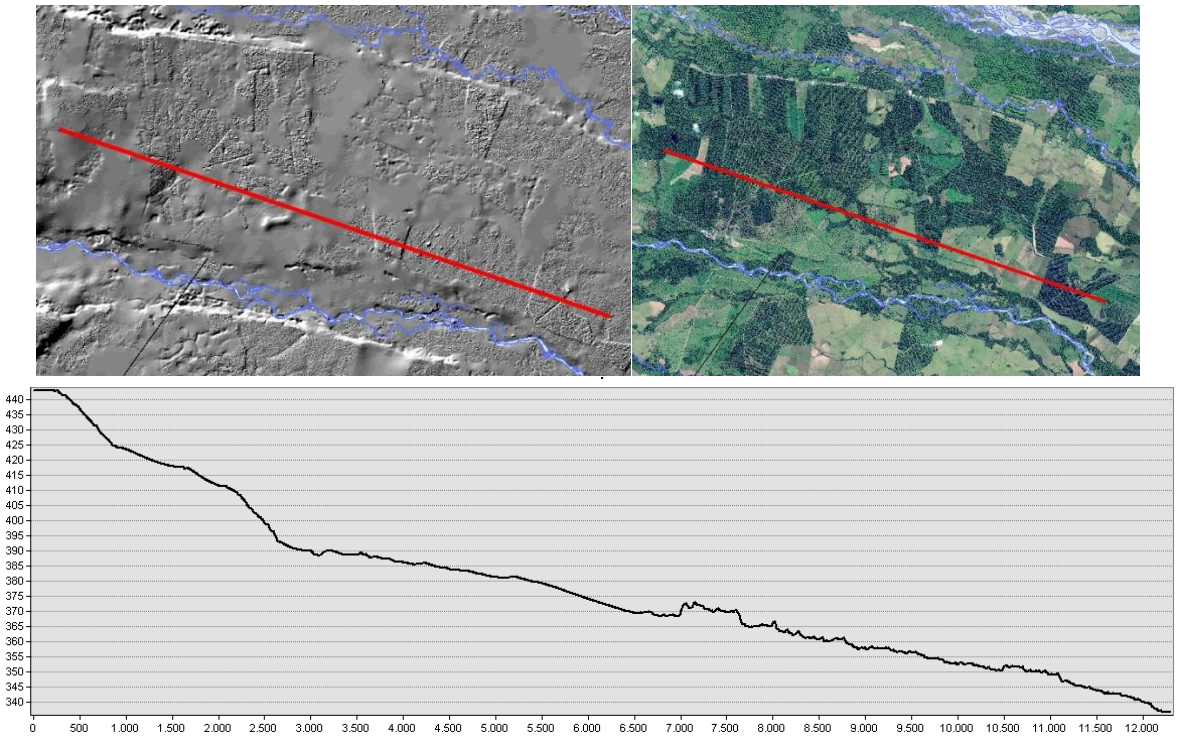


Figura 3.2.1-14 Perfiles de elevación del relieve para los depósitos de abanico aluvial. Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.1.2.2 Depósitos de Terraza Alta (Qt1)

Estos depósitos se encuentran localizados sobre sectores elevados en relación con los cauces actuales, especialmente en áreas asociadas a drenajes menores, y están delimitadas por escarpes erosivos que marcan los límites con niveles inferiores del paisaje; por tanto, estos representan uno de los niveles más antiguos y elevados de acumulación fluvial presentes.

Desde la interpretación foto-geomorfológica, esta unidad se reconoce como una superficie elongada y pareada, plana a suavemente ondulada, con pendiente suave (<5°), perfil cóncavo y relieve muy bajo. También, sus longitudes de ladera son generalmente moderadas (251–500 m), y la distribución espacial sigue el patrón de antiguas planicies de inundación donde se han preservado estas formas debido a la estabilidad del entorno fluvial (ver **Figura 3.2.1-15**).

Por ende, estas terrazas, producto de procesos fluviales antiguos, reflejan una dinámica compleja dominada por acumulación, incisión y erosión vertical, propias de ambientes de cauces rectos, meándricos o trenzados.

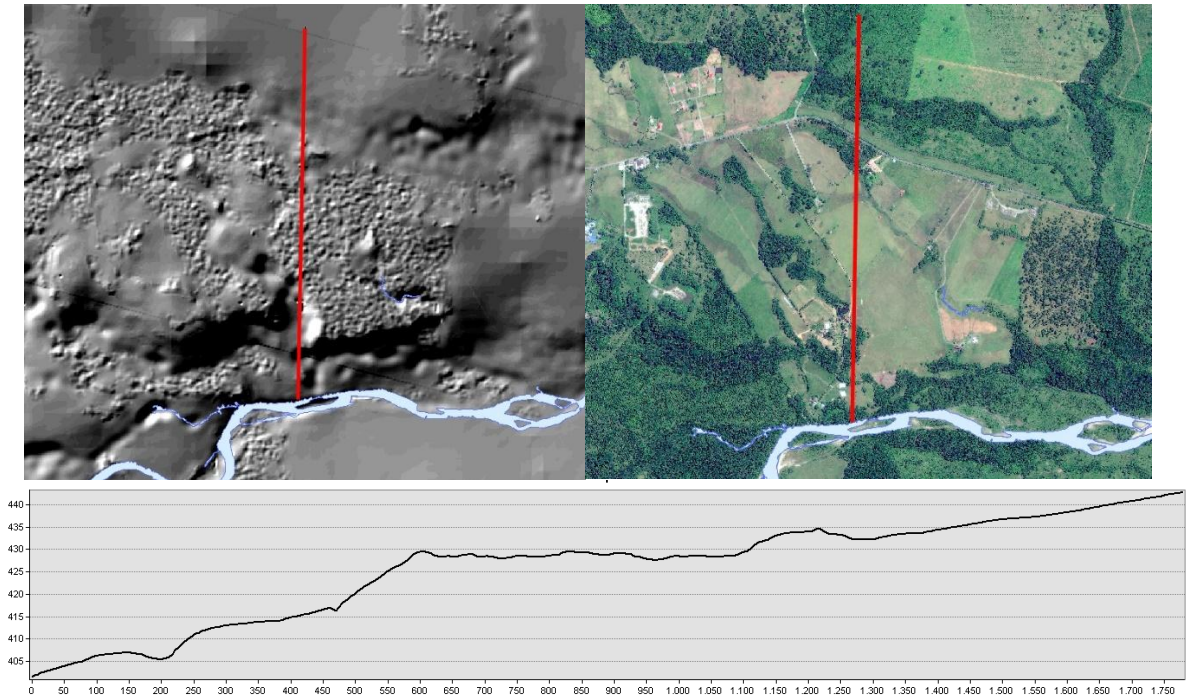


Figura 3.2.1-15 Perfiles de elevación del relieve para la terraza alta.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.1.2.3 Depósitos de Terraza Media (Qt2)

Los depósitos de terraza media, que corresponden a la unidad geomorfológica terraza aluvial nivel dos, se desarrollan a lo largo de los principales drenajes del área de estudio, presentando una morfología de antiguas llanuras de inundación.

Con base en la interpretación foto-geomorfológica, estos se identifican como una superficie elongada, plana a suavemente ondulada, de pendiente suave (<5°), perfil cóncavo, relieve muy bajo y longitudes de ladera variables, que van desde moderadas (251–500 m) hasta extremadamente largas (>2500 m). De este modo, estas terrazas son delimitadas lateralmente por escarpes, fueron generadas por procesos fluviales antiguos asociados a acumulación, incisión y erosión vertical, en contextos de cauces meándricos, distributivos y trenzados (ver **Figura 3.2.1-16**).

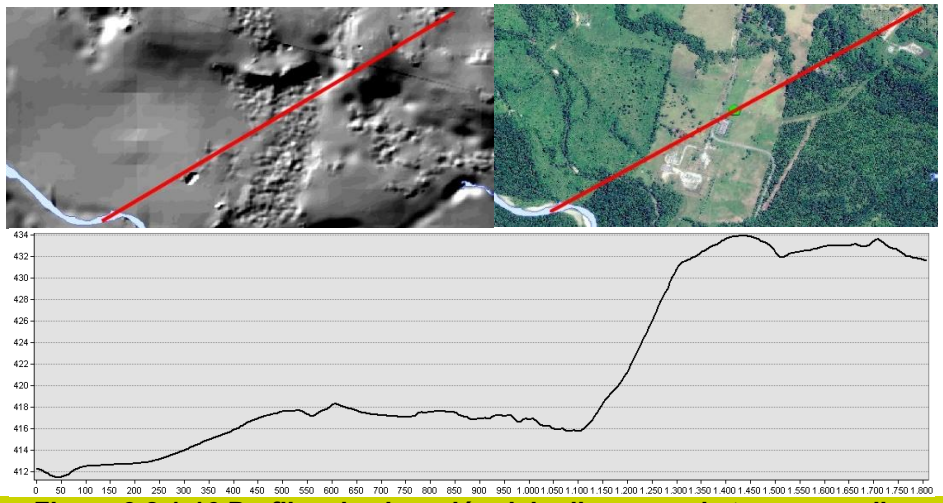


Figura 3.2.1-16 Perfiles de elevación del relieve para la terraza media.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.1.2.4 Depósitos de Terraza Baja (Q2t3)

Los depósitos correspondientes a terrazas bajas, asociados a una terraza aluvial de nivel uno, se manifiesta en el paisaje como una forma elevada respecto al cauce actual, desarrollada por procesos aluviales pretéritos que incluyen fases de acumulación, incisión y erosión vertical; no obstante, estos depósitos pueden llegar a ser inundados de forma esporádica y poco frecuente.

Mediante la interpretación geomorfológica, esta unidad se identifica por su configuración elongada y continua, localizada en los bordes de los drenajes mayores. De esta manera, su relieve es predominantemente plano a suavemente inclinado (<5°), con perfil cóncavo, índice de relieve muy bajo y longitudes de ladera variables, que oscilan entre moderadas (251–500 m) hasta extremadamente largas (>2500 m), lo que refleja su amplia extensión en el área de estudio (ver **Figura 3.2.1-17**).

Otro aspecto relevante es que, su drenaje está asociado a antiguos sistemas meándricos, distributivos o trenzados, lo cual queda registrado en la forma de las terrazas y en su asociación con los cauces mayores.

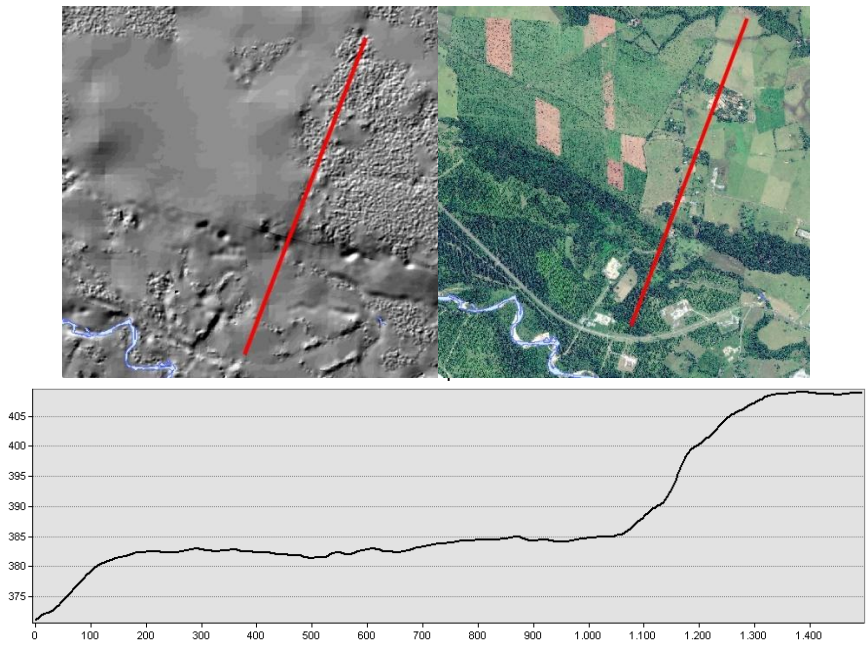


Figura 3.2.1-17 Perfiles de elevación del relieve para la terraza baja.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.1.2.5 Depósitos de plano de inundación de drenajes mayores (Q2pi)

La unidad geológica Depósitos del Plano de Inundación de Drenajes Mayores corresponde a cubetas de desborde asociadas a los cauces activos de los principales ríos del área de influencia. En ese sentido, estas superficies se desarrollan en los márgenes inmediatos de los drenajes mayores y se caracterizan por una morfología plana, de pendiente suave a plana (<5°), relieve bajo y longitudes de ladera moderadas a muy largas (251–2500 m). Además, se presentan como formas alargadas, ligeramente deprimidas, resultado de la dinámica reciente del sistema fluvial, en particular durante eventos de desbordamiento o creciente (ver **Figura 3.2.1-18**).

Es importante mencionar que estas geoformas son de extensión angosta respecto al cauce, situándose muy próximas a este, lo que indica una alta sensibilidad a los cambios recientes en la morfodinámica fluvial. Es por esto, que el patrón de drenaje asociado a estos planos de inundación incluye formas subparalelas, meándricas, distributivas y trenzadas.

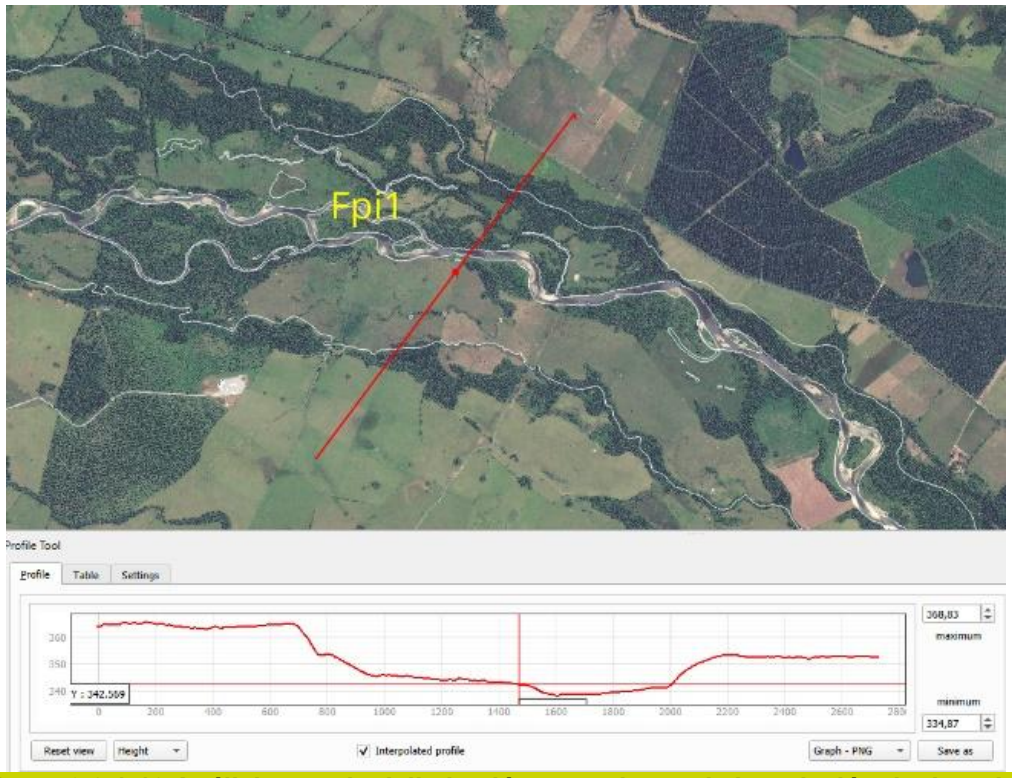


Figura 3.2.1-18 Análisis para la delimitación para planos de inundación de drenajes mayores.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.1.2.6 Depósitos aluviales de drenajes mayores (Q2al1)

Estos depósitos comprenden un conjunto de geoformas activas y recientes asociadas directamente con la dinámica fluvial de los principales ríos del área de influencia. Desde la interpretación foto-geomorfológica, esta unidad se manifiesta como un sistema complejo y dinámico donde convergen procesos de erosión, transporte y sedimentación, generando múltiples formas fluviales que coexisten y evolucionan simultáneamente.

El componente geomorfológico más dominante es el cauce aluvial, definido como un canal de forma irregular excavado por las corrientes perennes, que se desarrolla dentro de los valles aluviales. Por consiguiente, estos cauces pueden variar en forma y tamaño, con presencia de terrazas y relieves negativos que actúan como trampas de sedimentos. La longitud de estos cauces es muy variable, desde decenas hasta miles de metros (>2500 m), y suelen seguir patrones paralelos y subparalelos; no obstante, también se evidencia una organización fluvial de tipo meándrico, distributivo o trenzado.

Asociadas a estos cauces se encuentran distintas formas de acumulación de sedimentos; una de ellas es la barra puntual, geoforma curvada en planta, de relieve bajo y longitud muy corta (<50 m), ubicada en la parte interna de los meandros. De ahí que, la acumulación continua de este tipo de barras puede dar lugar a barras compuestas, geoformas de mayor extensión longitudinal, formadas por la amalgamación de varias barras unitarias. Por lo que, estas estructuras presentan una morfología alargada, relieve bajo y pendiente suave (ver **Figura 3.2.1-19**).

Otro rasgo notable dentro de esta unidad es la presencia de islas fluviales, cuerpos elongados de forma romboidal y convexa en planta, que se desarrollan paralelamente al eje del cauce principal.

Estas islas son producto de la acumulación de sedimentos durante inundaciones importantes y persisten como remanentes cuando disminuye el caudal. También, presentan una morfología plana a suavemente ondulada, son eventualmente inundables y destacan por su vegetación densa, la cual actúa como estabilizador del sedimento.

En síntesis, esta unidad constituye un sistema fluvial activo, que refleja el funcionamiento actual del régimen hídrico de los ríos principales del área. En consecuencia, su expresión en el paisaje es dominada por formas bajas, planas a onduladas, de extensión corta a muy larga.



Figura 3.2.1-19 Análisis geomorfológico para delimitación de depósitos aluviales de drenajes mayores.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.1.2.7 Depósitos aluviales de drenajes menores (Q2al2)

Esta unidad, se evidencia en formas de acumulación reciente asociadas a las llanuras de inundación y cursos fluviales de baja jerarquía, con una morfología que responde a procesos activos de desbordamiento y sedimentación en ambientes de baja energía. Con base a una perspectiva foto-interpretativa, se presentan como superficies planas, de pendiente suave a plana (<5°), relieve bajo y longitudes de ladera que varían entre moderadas y muy largas (251–2500 m) (ver **Figura 3.2.1-20**).

Estas geoformas se localizan bordeando los drenajes menores, con delimitación angosta al cauce activo. En estas áreas, el terreno presenta características de vega y ausencia de suelo desarrollado, lo cual es típico de superficies sometidas a una dinámica frecuente de inundación y renovación de sedimentos.

Por último, los patrones de drenajes presentes en esta unidad son subparalelos, meándricos, distributivos y trenzados, lo que refleja una evolución fluvial variada. Esta forma estrecha y alargada, antes mencionada, responde a la concentración de los flujos y a la geometría controlada por la topografía local.



Figura 3.2.1-20 Delimitación de depósitos aluviales de drenajes menores.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.1.3 Interpretación Estructural

A partir de los insumos cartográficos disponibles, se identificaron fotolineamientos en el área de estudio, determinados principalmente por cambios abruptos en la pendiente, en los patrones de comportamiento del relieve y los drenajes. Este análisis se realizó antes de la visita de campo y, posteriormente, tras una verificación en terreno, los fotolineamientos fueron refinados y representados en la **Figura 3.2.1-21**. Cabe señalar que el análisis se extendió a zonas aledañas al área de influencia, con el propósito de confirmar la continuidad de los lineamientos y de que efectivamente atraviesen dicha área.

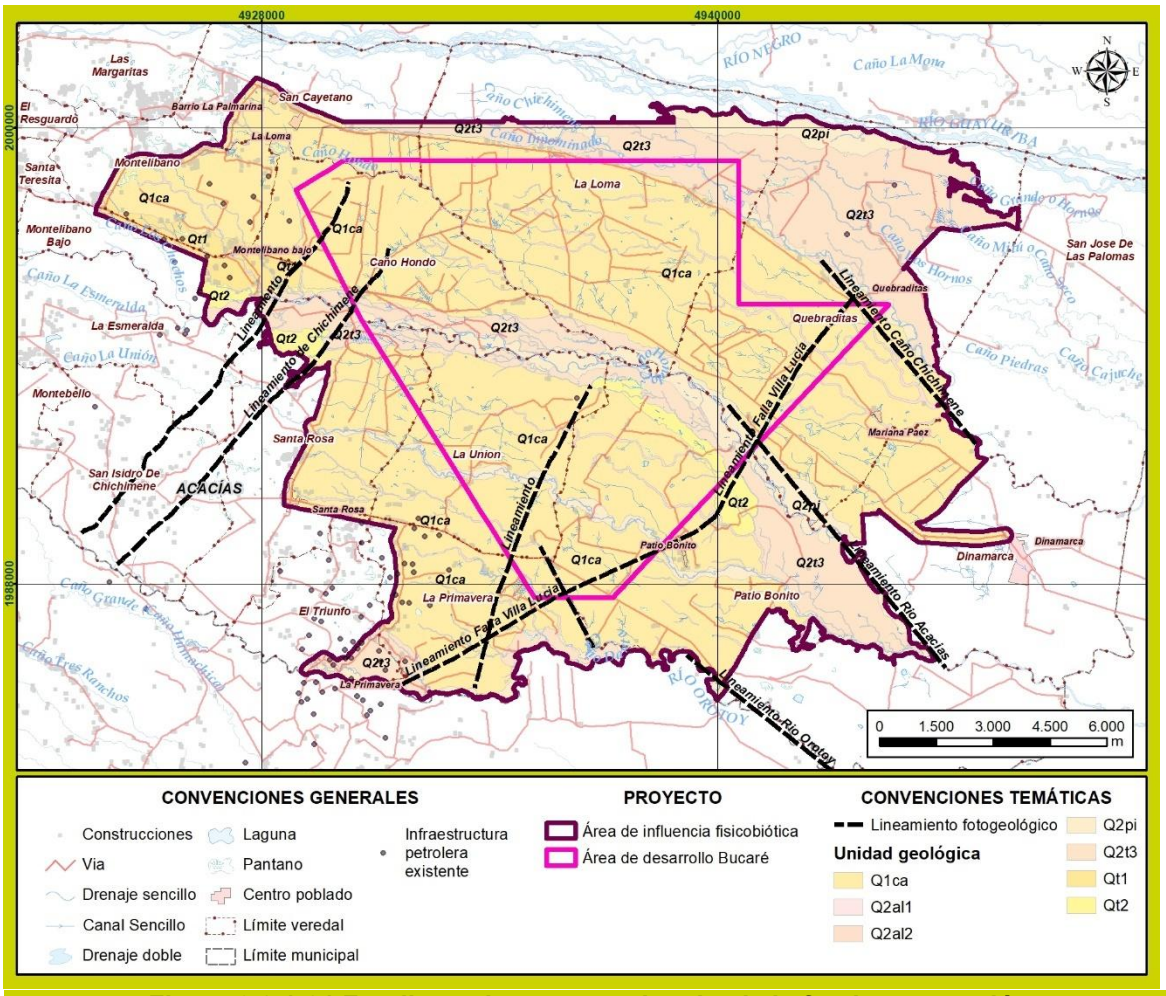


Figura 3.2.1-21 Fotolineamientos trazados desde la fotointerpretación.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Los principales indicadores utilizados para el trazado de los fotolineamientos fueron: cambios bruscos en la pendiente, patrones de drenaje, alteraciones repentinas en la dirección de los cauces y variaciones en el patrón de las curvas de nivel. Estos elementos geológicos y topográficos son fundamentales para identificar estructuras subyacentes o características del terreno que pueden estar asociadas con fallas, fracturas u otros procesos geológicos relevantes. Los cambios de pendiente abruptos, que se muestran como desniveles en el relieve proporcionan información asociada con discontinuidades o a la expresión de fallas geológicas, no obstante, para afirmar la presencia de esta última, es necesario contar con información geofísica y litológica recolectada en campo.

En el área del proyecto se observaron escarpes y descensos abruptos donde su traza superficial se pierde a medida que continúan en dirección al río Guayuriba. Es así como se parte de este criterio para definir el trazado de los lineamientos L1, el Lineamiento de Chichimene (previamente reconocido por el SGC en la Plancha 266 – Villavicencio), y el Lineamiento Falla Villa Lucía, el cual se abordará en detalle en el apartado de Geología Estructural Local (ver **Figura 3.2.1-22**). Es importante destacar que los escarpes generados por procesos tectónicos en depósitos cuaternarios tienden a presentar pendientes menos pronunciadas que aquellos desarrollados sobre rocas, debido a la erosión, los procesos de alteración y la naturaleza no consolidada de estos depósitos (INGEMMET, 2021).

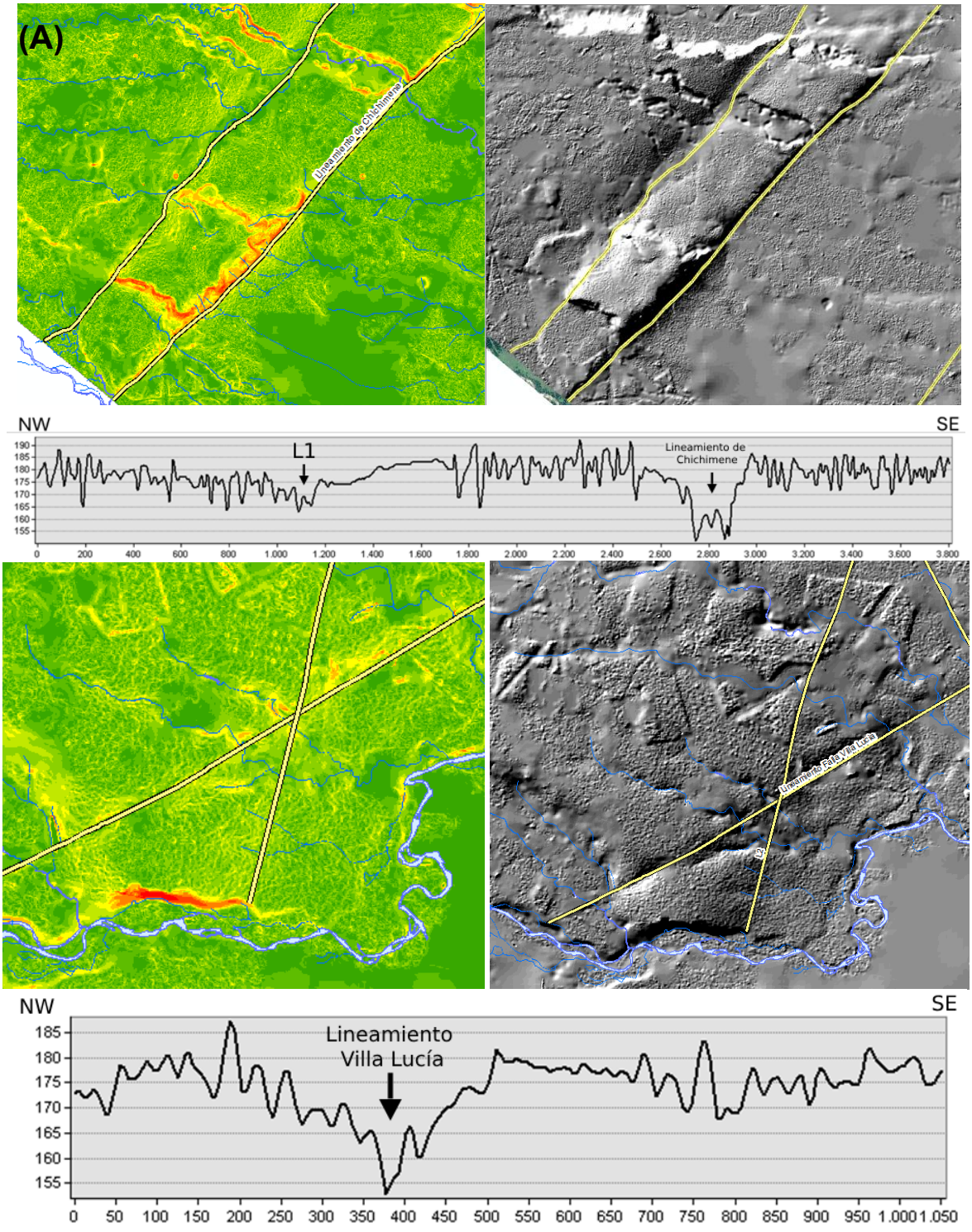


Figura 3.2.1-22 Análisis de cambios en las pendientes para el trazado de lineamientos. Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

Dado que la topografía del área es predominantemente plana, los cambios de pendiente se evidencian con mayor claridad al analizar el espaciamiento de las curvas de nivel. Este criterio fue determinante para el trazado del lineamiento L2, el cual presenta una orientación NE-SW, paralela al Lineamiento de Chichimene. También, este atraviesa el área de influencia desde los límites del río Orotoy hasta el río Acacías, cruzando el segmento sur del abanico aluvial (ver **Figura 3.2.1-23**).

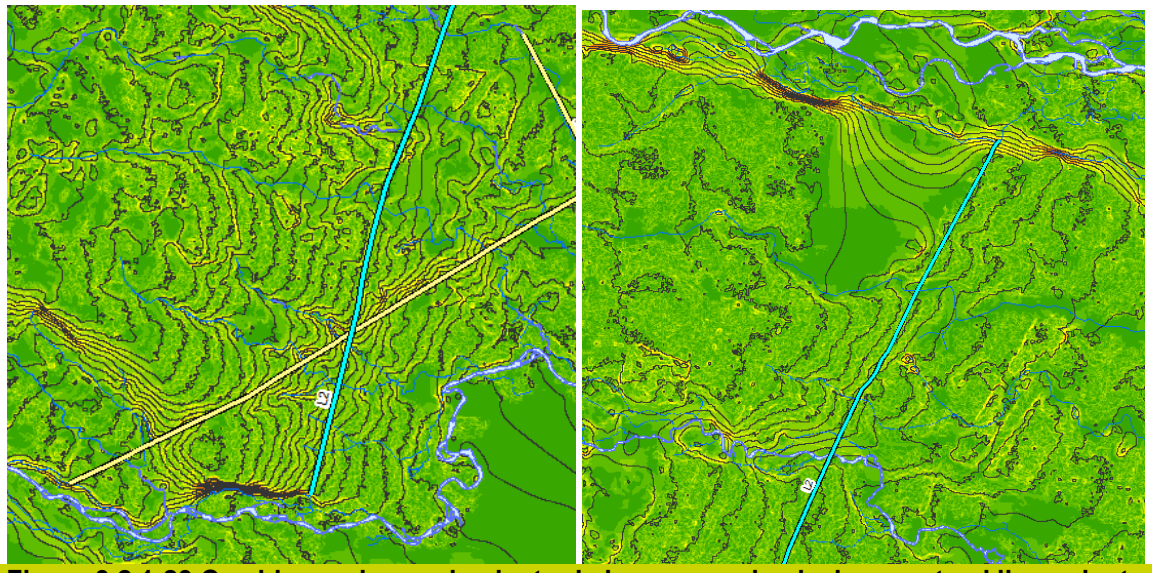


Figura 3.2.1-23 Cambio en el espaciamiento de las curvas de nivel respecto al lineamiento L2.
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

De igual forma, bajo este criterio se generó el trazado de los dos tramos del Lineamiento Falla Villa Lucía, ya que el paso de drenajes tales como Caño La Unión y el Río Acacías suavizan la topografía del paisaje, perdiéndose los cambios abruptos que delimitan a este lineamiento en las proximidades del Río Orotoy. Este lineamiento se ve interpretado en dos tramos, el primero delimitado al suroccidente por el Río Orotoy y al noroeste por el escarpe generado por el Río Acacías (ver **Figura 3.2.1-24**). A partir de este escarpe se identifica un segundo tramo que, aunque continúa el trazado anterior, cambia su rumbo hacia el norte, con una orientación casi paralela al Lineamiento de Chichimene (ver **Figura 3.2.1-25**). Este segundo tramo se traza nuevamente a partir del cambio en el espaciamiento de las curvas de nivel.

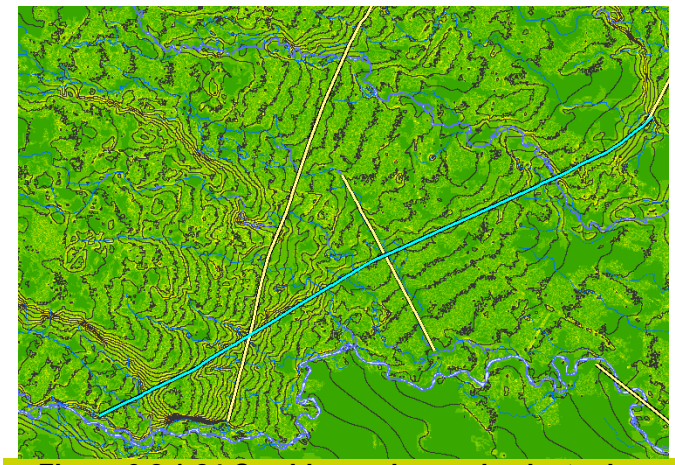


Figura 3.2.1-24 Cambio en el espaciamiento de las curvas de nivel – Tramo 1
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025

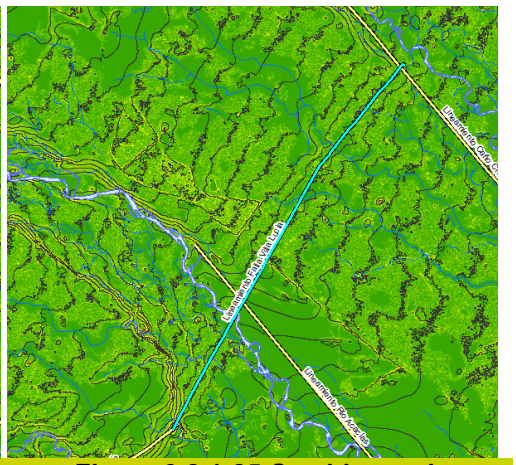


Figura 3.2.1-25 Cambio en el espaciamiento de las curvas de nivel – Tramo 2
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025

También se evidenció un control estructural sobre los drenajes del área, reflejado en patrones de drenaje rectangulares y en cambios abruptos de dirección, debido a planos de debilidad preferentes o la dirección de esfuerzos de los bloques.

La observación de estos patrones de drenaje no es generalizada, dado que muchos de los lineamientos están cubiertos por depósitos cuaternarios, lo cual limita su expresión superficial. Sin embargo, en algunos tramos específicos se identificaron cambios locales del patrón de drenaje hacia configuraciones rectangulares, coincidiendo con los trazados de los lineamientos, como ocurre en el caso del Lineamiento L1 (ver **Figura 3.2.1-26**).

Por otro lado, el control estructural también se manifiesta mediante los cambios de dirección en el curso de los drenajes, como se observa en un tramo del río Orotoy influenciado por los lineamientos L2, Falla Villa Lucía y Caño San Luis (ver **Figura 3.2.1-27**). Este fenómeno también es perceptible en los caños Danta y San Luis (siendo más evidente en este último), y de forma leve en el caño La Unión.

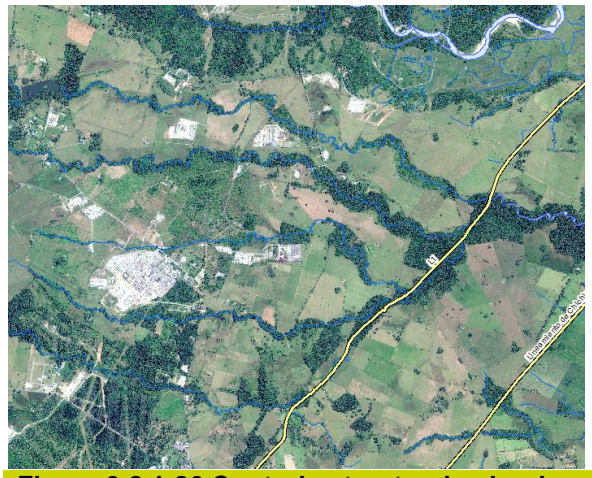


**Figura 3.2.1-26 Control estructural sobre los drenajes de la zona por parte del lineamiento L1.
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.**

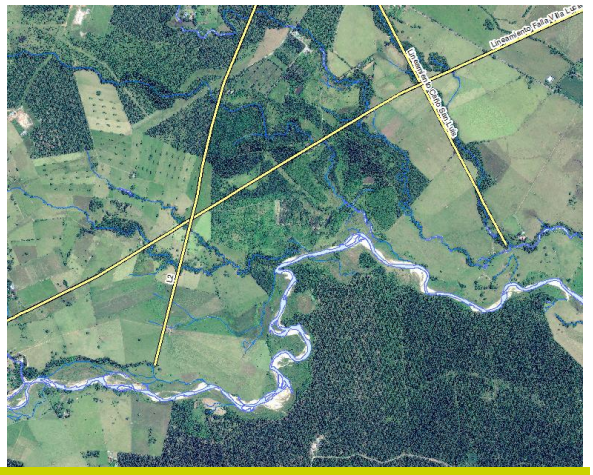


**Figura 3.2.1-27 Control estructural ejercido sobre el Río Orotoy.
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.**

Finalmente, se identificaron cambios repentinos en la dirección de flujo hacia el sureste en drenajes como el Caño Chichimene, el Río Acacías, el Río Orotoy y un afluente de este último, el Caño San Luis. Estos lineamientos se presentan en la **Figura 3.2.1-28** según el drenaje al que están relacionados.

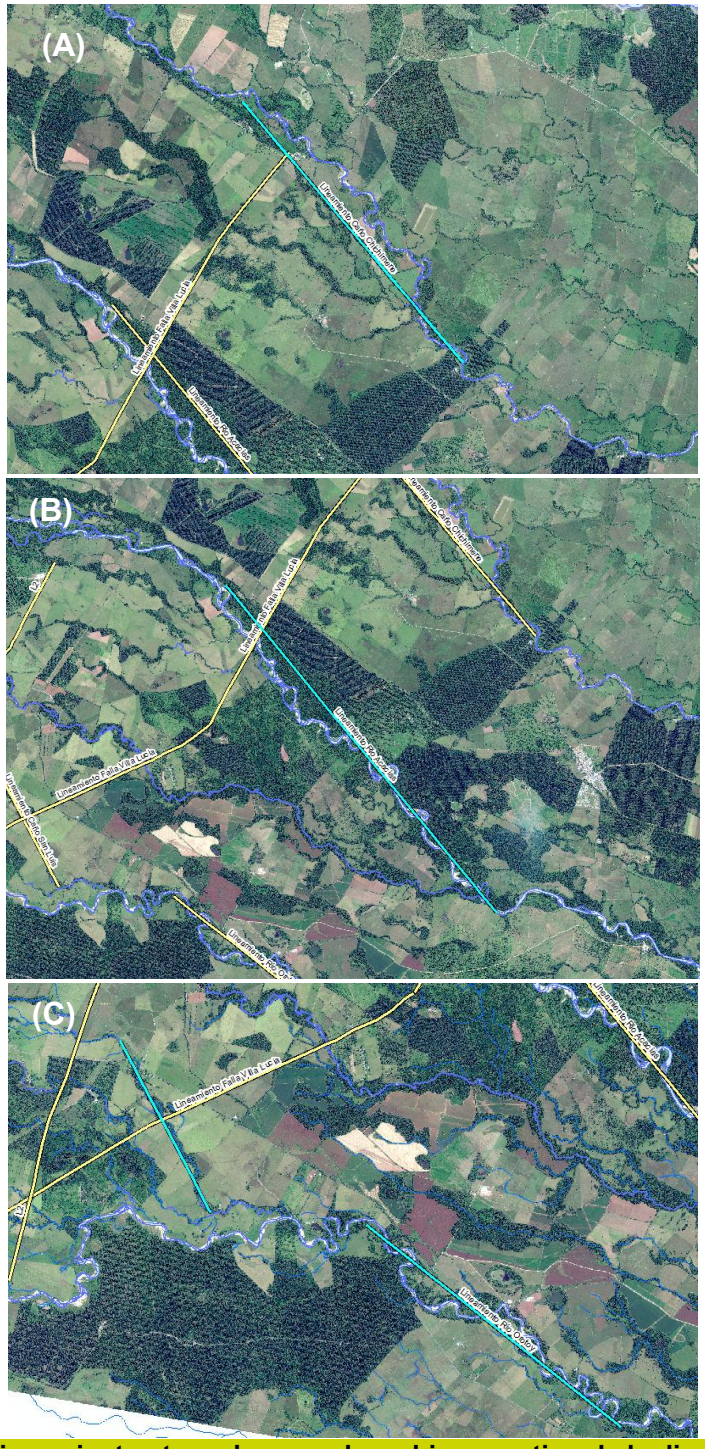


Figura 3.2.1-28 Lineamientos trazados por el cambio repentino de la dirección de drenaje (a) Caño Chichimene; (b) Río Acacías; (c) Río Orotoy y afluente Caño San Luis. Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

3.2.1.2.2 Estratigrafía Local

Las unidades estratigráficas del área corresponden al cuaternario, este se conforma por depósitos no consolidados con orígenes fluviotorrenciales y fluviales. En la **Tabla 3.2.1-6** se resume las unidades geológicas presentes en el área.

Tabla 3.2.1-6 Estratigrafía local presente para el área de influencia.

ERA	PERIODO	EPOCA	UNIDAD	NOMENCLATURA	COLOR
Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno	Depósitos de Abanico Aluvial	Q1ca	
		Holoceno	Depósitos de Terraza Alta	Qt1	
			Depósitos de Terraza Media	Qt2	
			Depósitos de Terraza Baja	Q2t3	
			Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores	Q2pi	
			Depósitos aluviales de drenajes mayores	Q2al1	
			Depósitos aluviales de drenajes menores	Q2al2	

Fuente: SGI S.A.S., 2025

3.2.1.2.2.1 Cuaternario

3.2.1.2.2.1.1 Depósitos de Abanico Aluvial (Q1ca)

Los depósitos correspondientes al abanico aluvial están compuestos principalmente por gravas, gravas arenosas y arenas gravosas, que se presentan en estado semiconsolidado a no consolidados y muestran una mala selección granulométrica. Esta unidad presenta una composición dominantemente gruesa, donde las gravas constituyen el componente principal, acompañadas por una matriz de lodos arenosos de arenas finas a muy finas. Se ha observado que el incremento de

esta fracción de matriz está directamente relacionado con el grado de meteorización del afloramiento, ya que los procesos de alteración superficial favorecen la acumulación de partículas finas y disminuyen el carácter clasto-soportado de estos depósitos.



Fotografía 3.2.1-1 GEO39- Depósitos de Abanico Aluvial
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942751,71 N 1996245,85
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-2 GEO68 - Depósitos de Abanico Aluvial
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4934263,39 N 1986157,32
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Desde el punto de vista sedimentológico, los depósitos presentan lechos con geometría de lámina plana, en los que se observa en algunos casos gradación normal e imbricación de clastos. Teniendo en cuenta lo anterior, se sugiere que la génesis de los depósitos puede asociarse a la dinámica de ríos trenzados que emergen hacia una llanura aluvial, como se describe en Nichols (2009), donde la abrupta reducción de la pendiente favorece la deposición de gravas dentro de barras y canales trenzados.

A medida que se acumulan sucesivos eventos de alta descarga, el canal puede obturarse por el exceso de carga, obligando al flujo activo a migrar lateralmente o mediante avulsiones. Este proceso continuo permite que el canal trenzado migre sobre toda la superficie del abanico, depositando una lámina de grava más o menos continua y extensa.

Como resultado, el cuerpo sedimentario adquiere una geometría similar a la de un abanico aluvial formado por flujos en lámina, aunque alcanza dimensiones mayores (superiores a los 10 km desde el vértice hasta la punta), debido a la mayor eficiencia de transporte en un canal confinado respecto a los flujos en lámina no confinados.

La descripción de los clastos se realizó mediante observación macroscópica, identificándose materiales de origen sedimentario y metamórfico. Entre los clastos sedimentarios se reconocieron arenitas, cuarzoarenitas y lodolitas cementadas, estas últimas frecuentemente atravesadas por venillas de cuarzo (ver **Fotografía 3.2.1-3**, **Fotografía 3.2.1-4**, **Fotografía 3.2.1-5** y **Fotografía 3.2.1-6**). También se identificaron conglomerados con clastos mayoritariamente de cuarzo lechoso. Por su parte, los clastos metamórficos corresponden a gneises bandeados, constituidos por minerales máficos y félsicos, en los cuales se observa una orientación preferencial de los minerales máficos, posiblemente relacionada con procesos de deformación metamórfica (ver **Fotografía 3.2.1-7** y **Fotografía 3.2.1-8**).



Fotografía 3.2.1-3 GEO39- Clasto de Cuarzoarenita de Depósitos de Abanico Aluvial
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942751,71 N 1996245,85
Fuente: SGI S.A.S, 2025



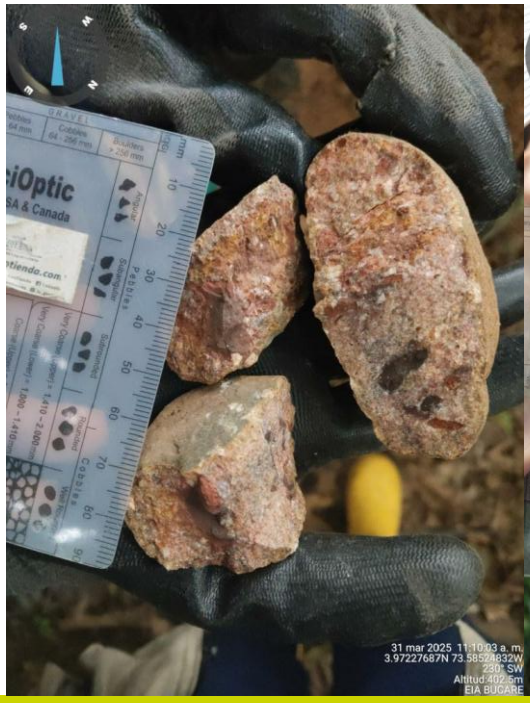
Fotografía 3.2.1-4 GEO66 – Clasto de Conglomerado de Depósitos de Abanico Aluvial
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4935141,74 N 1987194,44
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-5 GEO88- Clasto de Arenita de Depósitos de Abanico Aluvial
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4932512,88 N 1992853,32
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-6 GEO90 – Clasto de Lodolita de Depósitos de Abanico Aluvial
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4932853,92 N 1993922,42
Fuente: SGI S.A.S, 2025

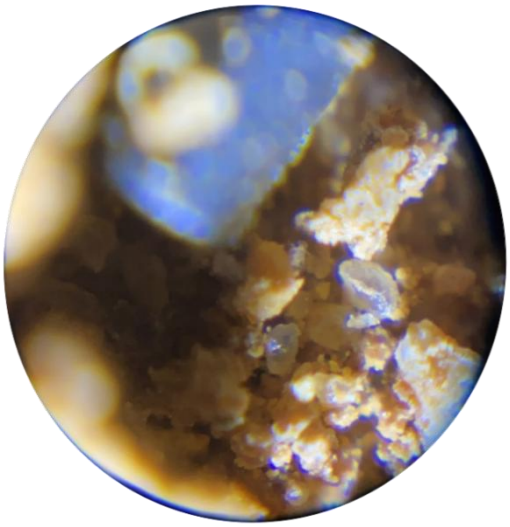


Fotografía 3.2.1-7 GEO38- Clasto de Depósitos de Abanico Aluvial
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4935056,53 N 1996960,53
Fuente: SGI S.A.S, 2025

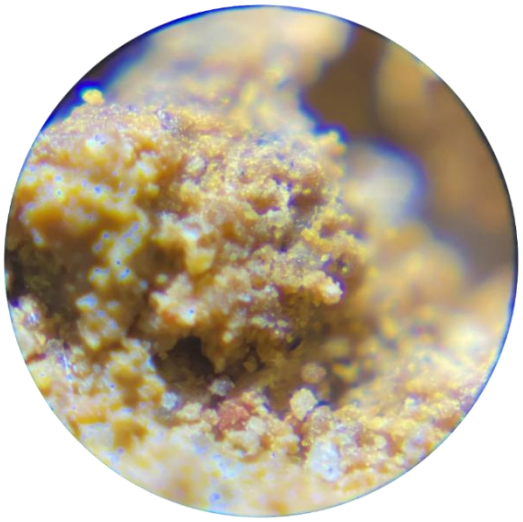


Fotografía 3.2.1-8 GEO48 – Clasto metamórfico de Depósitos de Abanico Aluvial
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4939341,62 N 1998370,41
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Por otro lado, la matriz de esta unidad se caracteriza por corresponder a un sedimento terrígeno pobremente seleccionado, con tamaños de grano que varían desde gruesos hasta muy finos. La caracterización microscópica se realizó en oficina mediante el uso de un microscopio de bolsillo, a partir de muestras recolectadas previamente en campo. A partir de esta observación se identificó que la matriz está compuesta principalmente por arcilla y cuarzo, con un predominio aproximado del 70 % de minerales arcillosos y granos de cuarzo de tamaño limo (ver **Fotografía 3.2.1-9** y **Fotografía 3.2.1-10**).

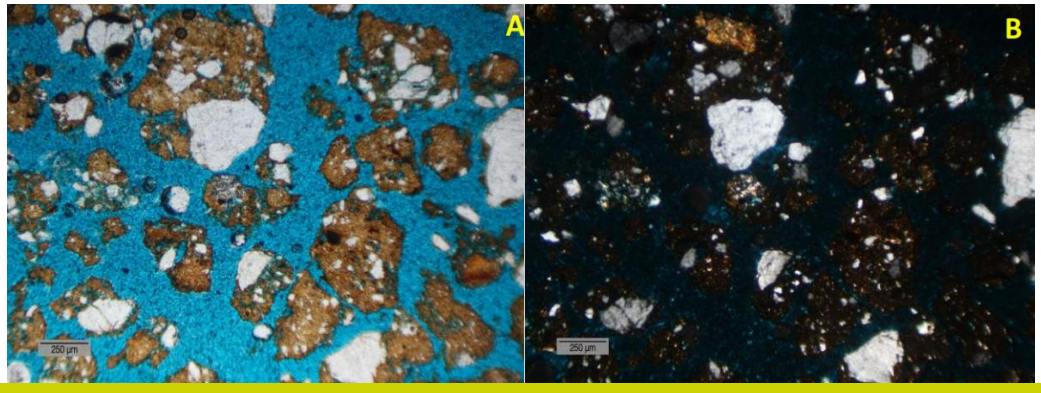


Fotografía 3.2.1-9 M_01_AB – Fotografía a luz reflejada x60, de escala una mina de lápiz 0.7 mm.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4930527,38 N 2000002,33
Fuente: SGI S.A.S, 2025

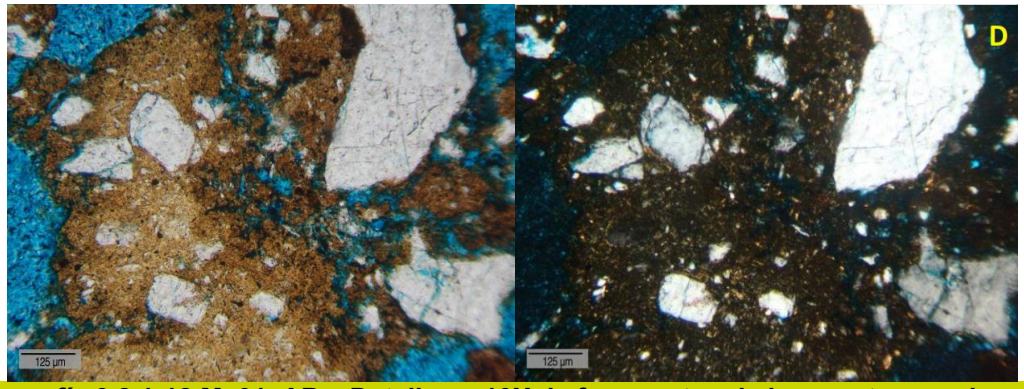


Fotografía 3.2.1-10 M_01_AB- Fotografía a luz reflejada x120.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4930527,38 N 2000002,33
Fuente: SGI S.A.S, 2025

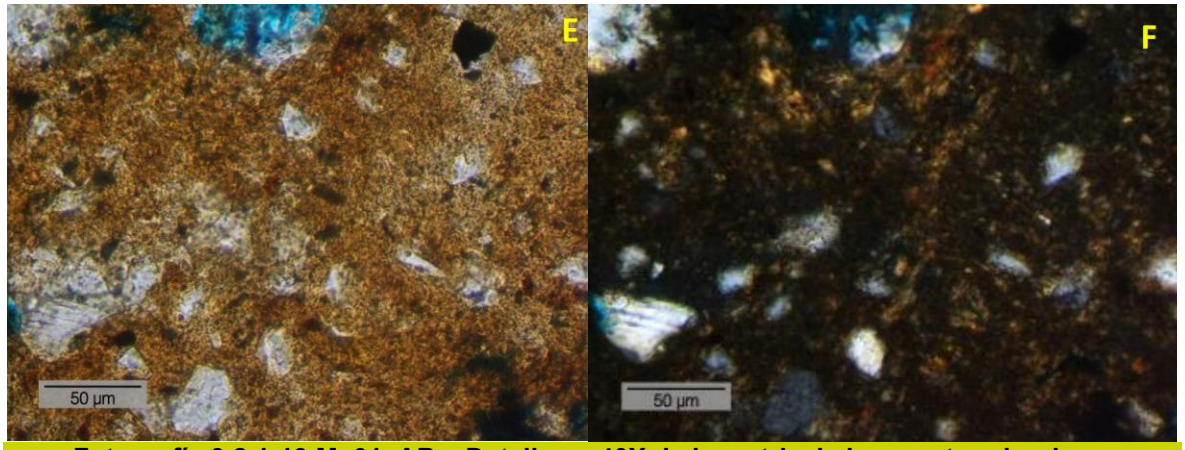
Asimismo, el 25% corresponde a cuarzo monocristalino, el cual presenta extinción ondulante con bordes que varían de angulares a redondeados, en tamaños que oscilan desde arena muy gruesa hasta limo. Además, se identifica un 0,6% de fragmentos líticos redondeados, procedentes de rocas sedimentarias de grano muy fino, con tamaño arena media a gruesa. Finalmente, el 0,31% restante está constituido por fragmentos de mica altamente alterados, cuyos granos tienen tamaño correspondiente a arena muy gruesa. La visión micro de esta unidad puede observarse en la **Fotografía 3.2.1-11**, la **Fotografía 3.2.1-12** y la **Fotografía 3.2.1-13**.



Fotografía 3.2.1-11 M_01_AB –Partículas compuestas por matriz de arcilla con granos de cuarzo embebidos en un aumento 4X; (A) PPL; (B) XPL.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4930527,38 N 2000002,33
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-12 M_01_AB – Detalle en 10X de fragmentos de la muestra, en el que se observan granos de cuarzo con extinción ondulante, fracturados y con bordes subredondeados a angulares, también se observa el carácter terrígeno de la matriz.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4930527,38 N 2000002,33
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-13 M_01_AB – Detalle en 40X de la matriz de la muestra, donde se evidencia su carácter terrígeno con oxidación en algunas zonas puntuales, también la presencia de material tamaño limo de cuarzo y minerales opacos.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4930527,38 N 2000002,33
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para esta unidad geológica se levantaron cuatro (4) columnas litológicas para esta unidad geológica, las cuales se presentan en la **Figura 3.2.1-29**, la **Figura 3.2.1-30**, la **Figura 3.2.1-31** y **la Figura 3.2.1-32.**

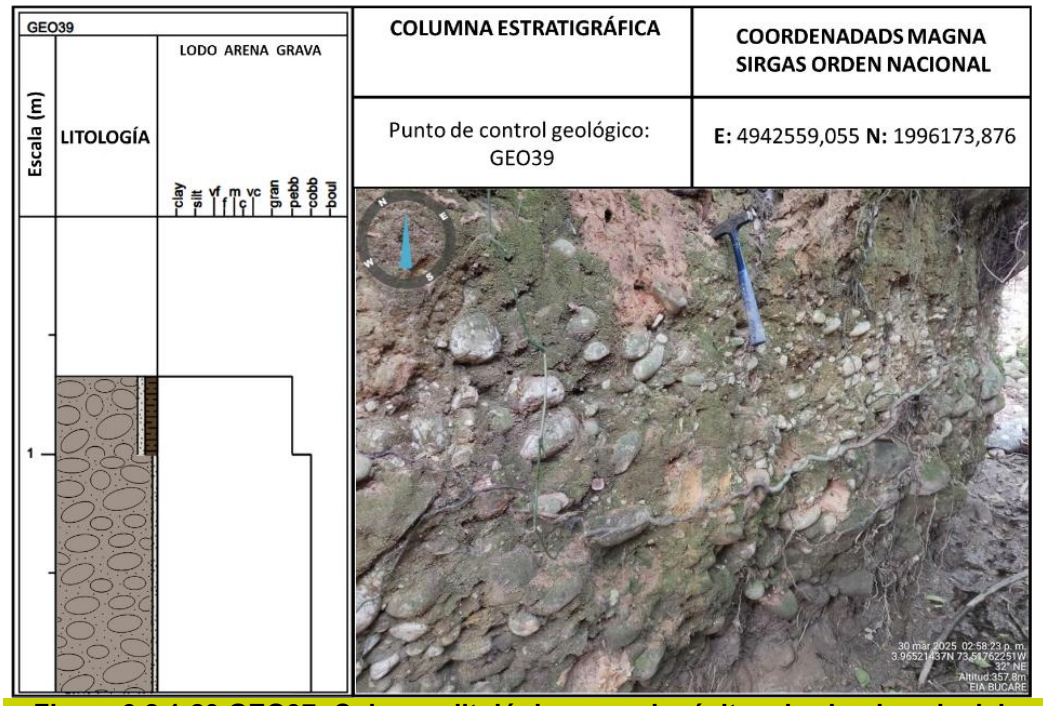


Figura 3.2.1-29 GEO37- Columna litológica para depósitos de abanico aluvial. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4942559,05 N 1996173,88
Fuente: SGI S.A.S, 2025

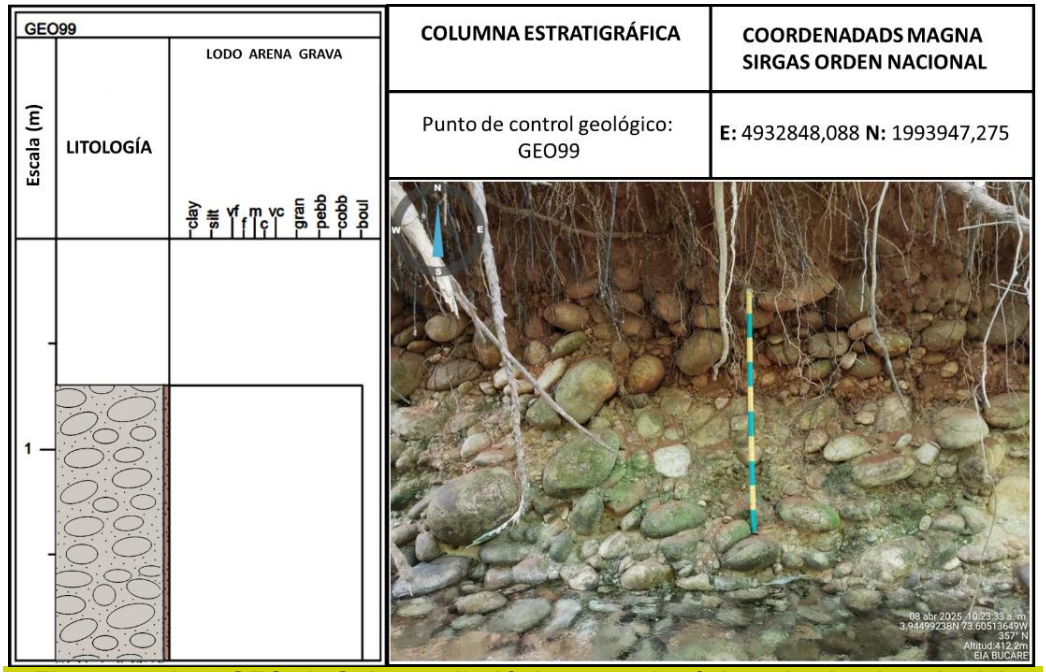


Figura 3.2.1-30 GEO91- Columna litológica para depósitos de abanico aluvial. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4932848,09 N 1993947,27
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Figura 3.2.1-31 GEO94- Columna litológica para depósitos de abanico aluvial.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4932956,07 N 1994015,46
Fuente: SGI S.A.S, 2025

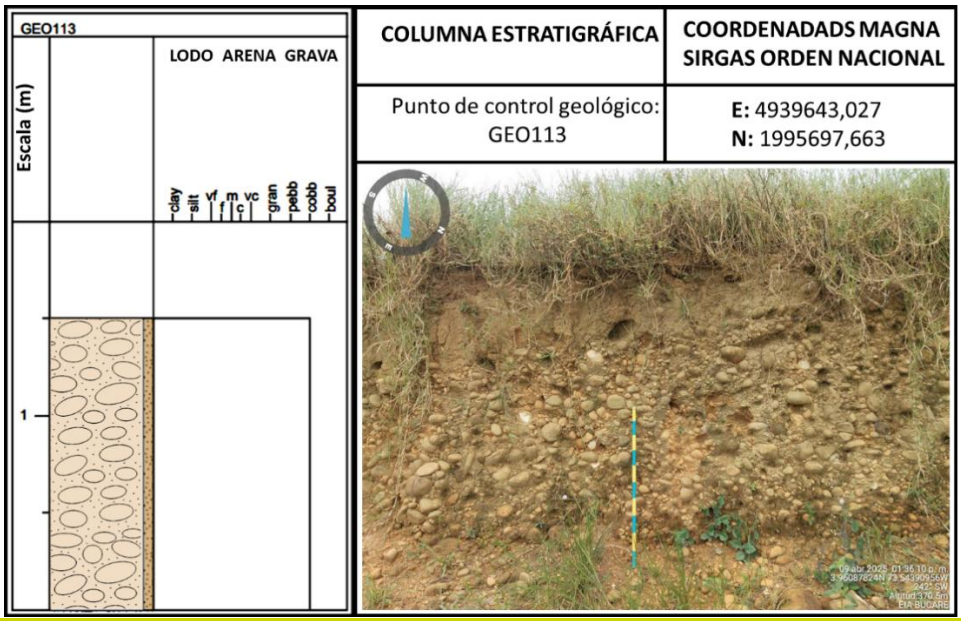


Figura 3.2.1-32 GEO105- Columna litológica para depósitos de abanico aluvial.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4939643,03 N 1995697,66
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.2.1.2 Depósitos de Terraza Alta (Qt1)

Los depósitos correspondientes a la terraza alta presentan características litológicas y geomorfológicas que evidencian una estrecha relación con antiguos abanicos aluviales, los cuales han sido retrabajados por procesos de incisión y remoción asociados a fases posteriores de dinámica fluvial. Litológicamente, esta unidad está compuesta por sedimentos no consolidados, de grado de meteorización avanzado, conformados por gravas y gravas arenosas con matriz predominantemente arenosa (ver **Figura 3.2.1-33**). Dadas las similitudes texturales y composicionales con los depósitos de abanico aluvial, la diferenciación entre ambas unidades requiere del análisis geomorfológico detallado, siendo este un criterio fundamental para su correcta interpretación y delimitación en el campo.



Figura 3.2.1-33 GEO75- Depósitos de terraza alta.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4926596,59 N 1996191,31
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En cuanto a la composición, se identifican clastos sedimentarios en un estado moderado de meteorización, clasificados como lodolitas cementadas con venillas de cuarzo y arenitas de cuarzo. La **Fotografía 3.2.1-14**, corresponde a una lodolita de coloración dominante gris verdosa, con textura clástica fina y compacta, que presenta una matriz de grano muy fino y escasa porosidad visible. El clasto está atravesado por venillas de cuarzo lechoso, dispuestas en orientación subparalela, de espesor milimétrico a centimétrico, que actúan como relleno de fracturas previas. Por su parte, la **Fotografía 3.2.1-15** presenta clastos sedimentarios compuestos por arenitas de cuarzo, con textura granular media y con selección moderada. Los granos presentes son subangulosos a subredondeados y no se evidencian estructuras sedimentarias.

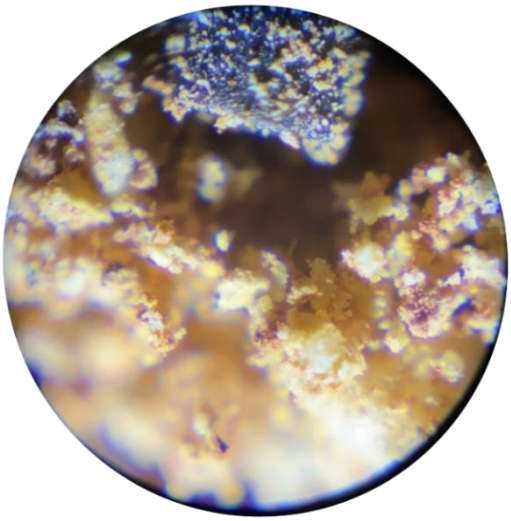


Fotografía 3.2.1-14 GEO75- Clasto de Iodolita de Depósitos de Terraza Alta COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4926596,59 N 1996191,31 Fuente: SGI S.A.S, 2025

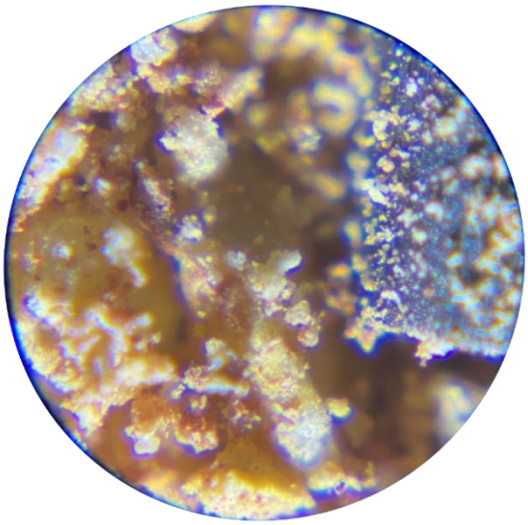


Fotografía 3.2.1-15 GEO75 – Clasto de Depósitos de Terraza Alta COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4926596,59 N 1996191,31 Fuente: SGI S.A.S, 2025

Con relación a la matriz del depósito, esta corresponde a un sedimento terrígeno pobremente seleccionado, cuyos tamaños varían desde grano grueso hasta muy fino (ver **Fotografía 3.2.1-16** y **Fotografía 3.2.1-17**); composicionalmente predominan arcillas, óxidos de hierro y cuarzo monocristalino, donde los minerales accesorios corresponden a micas y minerales opaco probablemente óxidos.

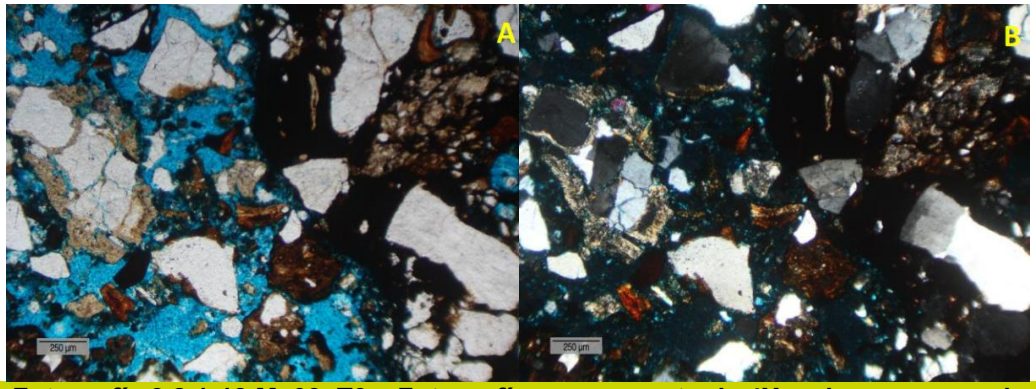


Fotografía 3.2.1-16 M_03_T3- Matriz bajo luz reflejada aumento x60, de escala mina de lápiz 0.7 mm.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4927934,31 N 1996071,92
Fuente: SGI S.A.S, 2025

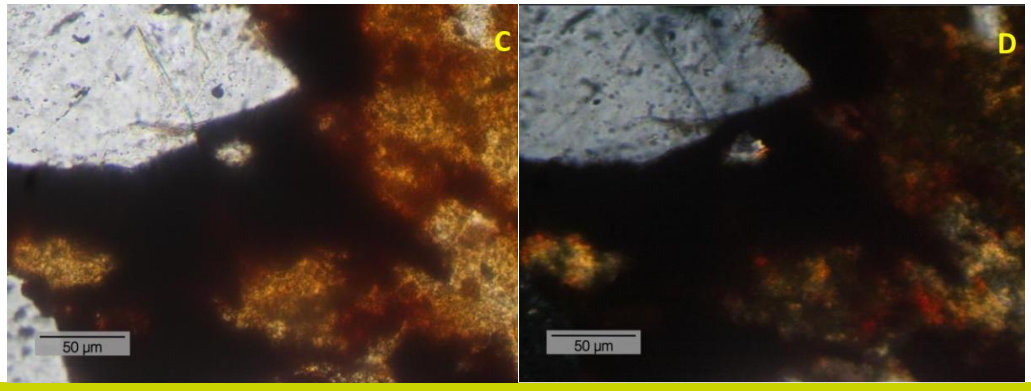


Fotografía 3.2.1-17 M_03_T3– Matriz bajo luz reflejada aumento x120, de escala mina de lápiz 0.7 mm.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4927934,31 N 1996071,92
Fuente: SGI S.A.S, 2025

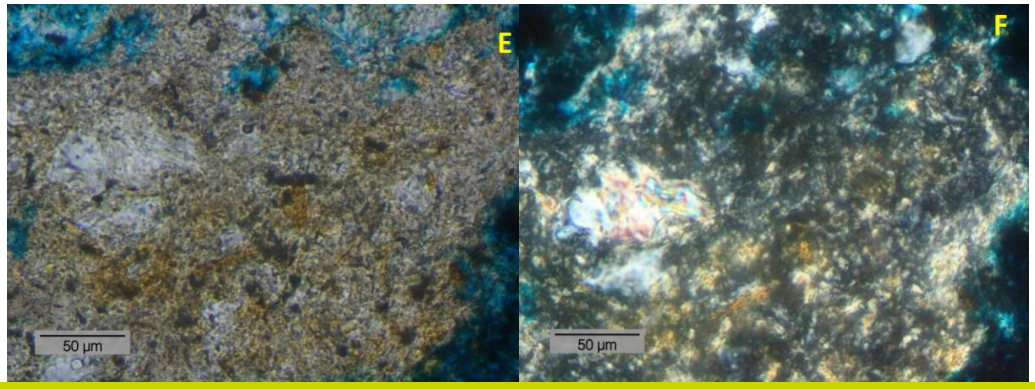
Específicamente, el 35% lo constituyen minerales de arcilla y cuarzo en tamaño limo; seguidamente, un 26% está formado por óxidos de hierro agrupados en una masa en la cual no se distinguen partículas individuales. Asimismo, el 25% corresponde a granos de cuarzo monocristalino, cuyos bordes varían de angulares a redondeados, con tamaños que oscilan desde limo hasta arena muy gruesa. En menor proporción, se encuentra un 5% de minerales opacos con bordes subangulares a subredondeados, en tamaños comprendidos entre limo y arena muy fina. También, se identifican fragmentos líticos sedimentarios, principalmente arenitas ricas en cuarzo, que representan el 4%. Adicionalmente, aparece cuarzo policristalino en un porcentaje del 1,8%, cuya presencia probablemente esté relacionada con la proximidad a la Cordillera Oriental. Finalmente, en menores cantidades, se registra un 1,2% de fragmentos de mica de tamaño arena muy gruesa, así como fragmentos con alto grado de meteorización, correspondientes a feldespato potásico y plagioclasa, ambos con un porcentaje individual del 0,3%, en tamaños de arena muy gruesa y arena media, respectivamente (ver **Fotografía 3.2.1-18**, **Fotografía 3.2.1-19**, **Fotografía 3.2.1-20**).



Fotografía 3.2.1-18 M_03_T3 – Fotografía con aumento de 4X en la que se puede evidenciar fragmentos de matriz terrígena y matriz de óxido de hierro con granos de cuarzo embebidos.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4927934,31 N 1996071,92
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-19 M_03_T3 – Detalle con 40X, en el que se puede observar la matriz de óxido de hierro.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4927934,31 N 1996071,92
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-20 M_03_T3 – Detalle con 40x, en el que se puede observar la matriz terrígena de arcilla y cuarzo de tamaño muy fino.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4927934,31 N 1996071,92
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Por otro lado, para esta unidad geológica se realizó una (1) columna litológica, presentada en la **Figura 3.2.1-34**.

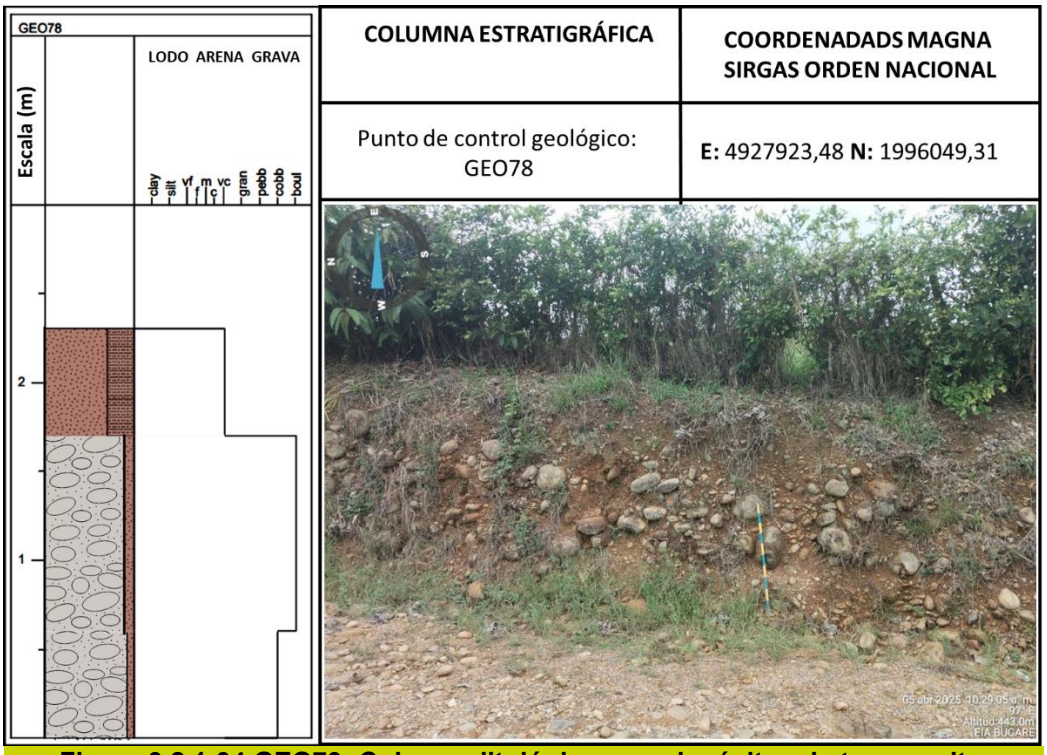


Figura 3.2.1-34 GEO73- Columna litológica para depósitos de terraza alta.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4927923,48 N 1996049,31
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.2.1.3 Depósitos de Terraza Media (Qt2)

Los depósitos asignados a la terraza media corresponden a materiales no consolidados compuestos predominantemente por gravas arenosas, con matriz de arenas finas a muy finas y una fracción arcillosa, haciendo de esta matriz moderadamente plástica (ver **Fotografía 3.2.1-21**, **Fotografía 3.2.1-22** y la **Fotografía 3.2.1-23**). Estos depósitos presentan características texturales y composicionales similares a las unidades de terraza alta y abanico aluvial, dado que comparten un origen común vinculado a procesos fluvio-aluviales antiguos. Sin embargo, se diferencian principalmente por su posición topográfica intermedia y por evidenciar un menor grado de retrabajo y meteorización en comparación con la terraza alta, lo que indica una cronología más reciente dentro de la evolución del sistema fluvial.



Fotografía 3.2.1-21 GEO87- Depósitos de Terraza Media
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4938032,69 N 1992763,44
Fuente: SGI S.A.S, 2025



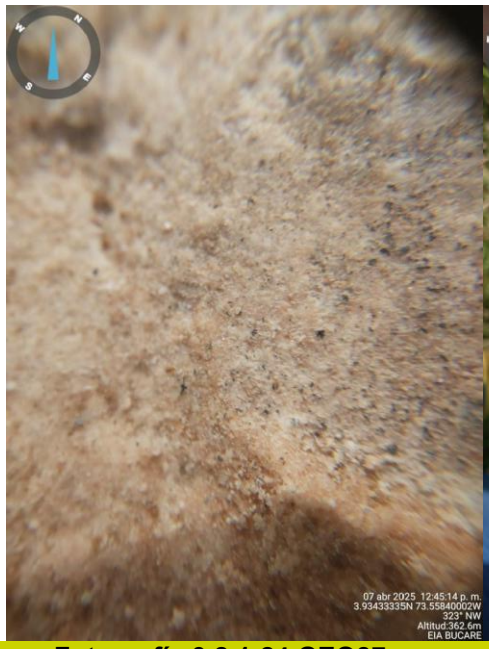
Fotografía 3.2.1-22 GEO87 – Depósitos de Terraza Media
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4938032,69 N 1992763,44
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-23 GEO87- Materiales removidos - Depósitos de Terraza Media
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4938032,69 N 1992763,44
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Los clastos presentes en esta unidad corresponden principalmente a materiales de origen sedimentario (ver **Fotografía 3.2.1-24**), como cuarzoarenitas, con tamaños bloque de 30cm a 50 cm. La matriz, de tonalidad rojiza, está compuesta por una fracción granulométrica que abarca desde

arenas finas a muy finas, hasta arcillas, lo que le confiere una textura heterogénea y evidencia procesos de meteorización y retrabajo que han enriquecido la fracción fina (ver **Fotografía 3.2.1-25**).

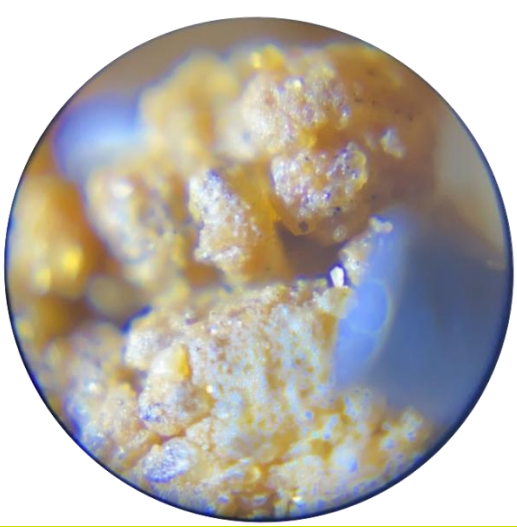


Fotografía 3.2.1-24 GEO87- Cuarzoarenita en aumento x30 COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4938032,69 N 1992763,44 Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-25 GEO87 – Matriz de los depósitos de terraza media. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4938032,69 N 1992763,44 Fuente: SGI S.A.S, 2025

Por su parte, la matriz de esta unidad se define como un sedimento terrígeno de grano grueso a muy fino, pobremente seleccionado, principalmente compuesto por arcilla, cuarzo muy fino y cuarzo monocristalino y, sus componentes accesorios corresponden a minerales opacos.

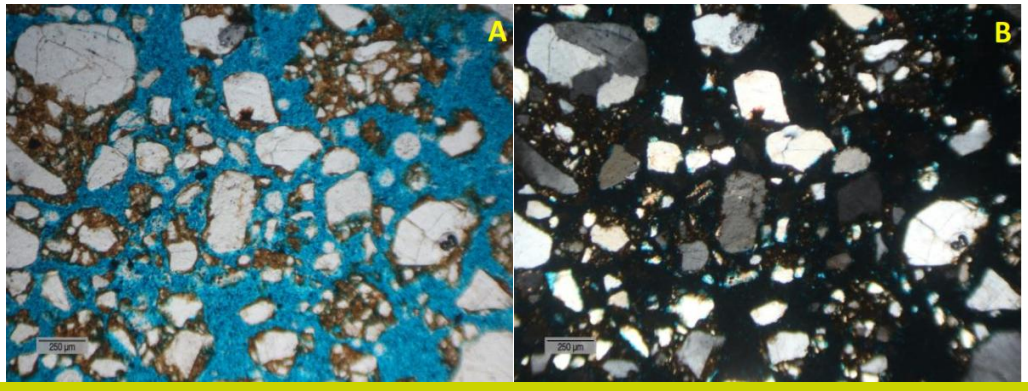


Fotografía 3.2.1-26 M_02_T2- Matriz bajo luz reflejada aumento x60, de escala mina de lápiz 0.7 mm.
COORDENADAS PALNAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4926429,73 N 1995779,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025

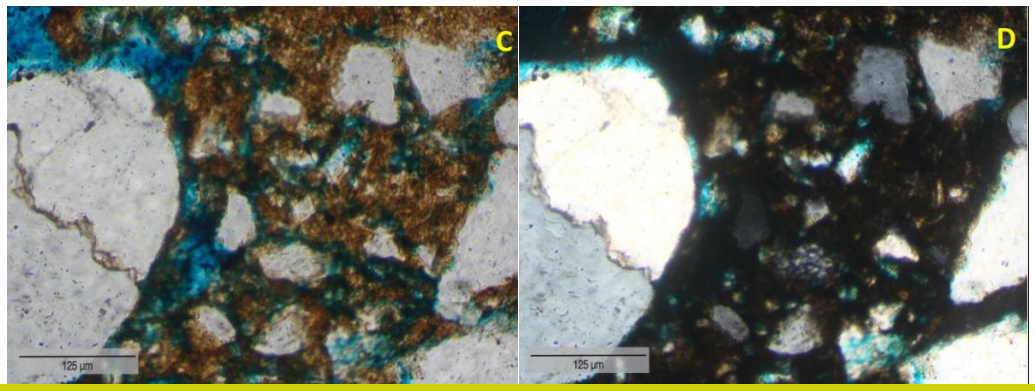


Fotografía 3.2.1-27 M_02_T2– Matriz bajo luz reflejada aumento x120.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4926429,73 N 1995779,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025

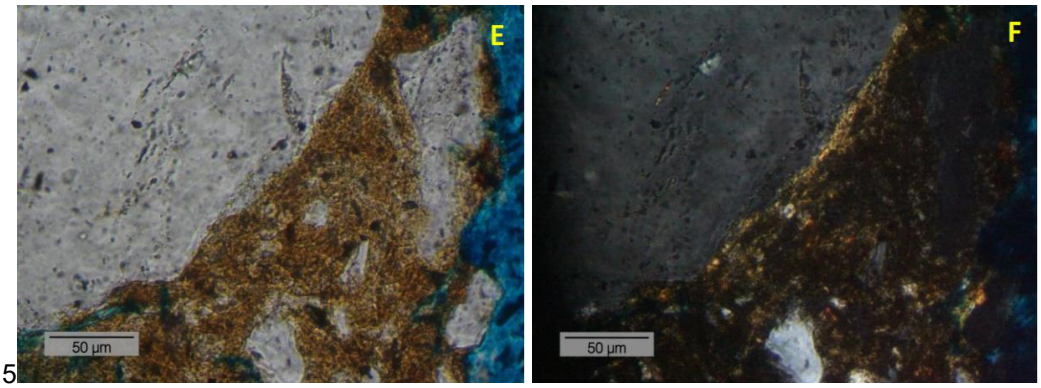
Además, a través de un análisis microscópico se determina que el 58% de la matriz está compuesta por minerales de arcilla y cuarzo tamaño limo, el 41% de cuarzo monocristalino de bordes angulares a redondeados con tamaño limo a arena muy gruesa, un 0.31% individualmente para óxidos y minerales opacos, y por último, un 0.3% de fragmentos líticos con alto grado de meteorización de arenitas ricas en cuarzo. En la **Fotografía 3.2.1-28**, la Fotografía **3.2.1-29** y la **Fotografía 3.2.1-30**, se observan detalles de la sección delgada realizada para esta unidad.



Fotografía 3.2.1-28 M_02_T2– Fotografía de partículas compuestas por matriz de arcilla con granos de cuarzo embebidos.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4926429,73 N 1995779,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-29 M_02_T2– Detalle con aumento de 20X de la matriz terrígena y fragmentos de cuarzo con bordes angulares a redondeados de tamaño limo a arena fina.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4926429,73 N 1995779,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025



5

Fotografía 3.2.1-30 M_02_T2– Detalle en 40X de la matriz, donde se evidencia su carácter terrígeno, también la presencia de material tamaño limo de cuarzo.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4926429,73 N 1995779,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.2.1.4 Depósitos de Terraza Baja (Q2t3)

Esta unidad está conformada principalmente por depósitos no consolidados de gravas arenosas, gravas y arenas gravosas. Sin embargo, como resultado de las variaciones en las dinámicas de las facies fluviales, es posible identificar intercalaciones de depósitos con texturas más finas, tales como arenas limosas y lodos arenosos. Estos depósitos finos suelen disponerse en delgados horizontes que representan antiguos episodios de inundación, los cuales suprayacen a los depósitos gruesos generados durante eventos de mayor energía fluvial.

En conjunto, la unidad presenta un carácter heterogéneo, con predominio de facies gruesas asociadas a ambientes de alta energía, secundadas por facies arenosas, y en menor proporción, por facies finas (ver **Fotografía 3.2.1-31** y **Fotografía 3.2.1-32**).

Geomorfológicamente, los depósitos de terraza baja se localizan en proximidad a los cauces principales, dado que su origen se asocia a procesos de incisión fluvial seguidos por etapas de abandono relativo del cauce, como se observa en la **Fotografía 3.2.1-33** y la **Fotografía 3.2.1-34**.



Fotografía 3.2.1-31 GEO4- Depósitos de Terraza Baja.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4944454,043 **N 1987295,24**
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-32 GEO49 – Depósitos de Terraza Baja.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4939444,81 N 1998345,61
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-33 GEO55- Depósitos de Terraza Baja.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4938411,26 N 1993482,95
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-34 GEO55 – Depósitos de Terraza Baja.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4938411,26 N 1993482,95
Fuente: SGI S.A.S, 2025

El depósito analizado contiene clastos que se agrupan principalmente en dos tipos litológicos: sedimentarios y metamórficos. Dentro del grupo sedimentario, se identifican rocas de textura muy fina a grano medio, con fractura concoidea y composición predominantemente cuarzosa. Entre estas destacan las cuarzoarenitas, arenitas y lodolitas cementadas, con similitudes a los clastos ya antes descritos. En cuanto a los clastos metamórficos, se reconocen principalmente cuarcitas y rocas con bandeamientos composicionales milimétricos, cuya procedencia se asocia a unidades metamórficas expuestas en la Cordillera Oriental.



Fotografía 3.2.1-35 GEO28- Clastos de textura fina y composición principalmente cuarzosa.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4945653,10 N 1997549,22
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-36 GEO62 – Cuarzoarenita en aumento x30
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4935627,37 N 1994177,75
Fuente: SGI S.A.S, 2025



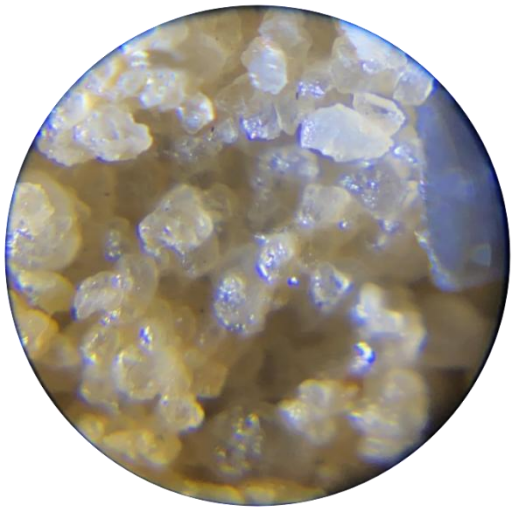
Fotografía 3.2.1-37 GEO29 Guijarros de cuarzoarenita y roca con bandeamiento composicional.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4945715,20 N 1998309,50
Fuente: SGI S.A.S, 2025



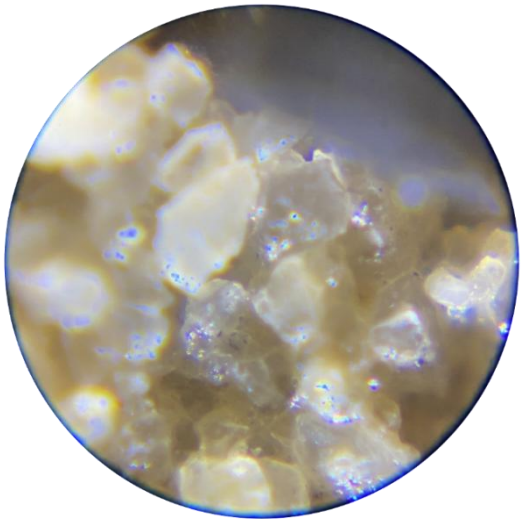
Fotografía 3.2.1-38 GEO64 –Guijarro de cuarcita.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4935765,12 N 1994249,91
Fuente: SGI S.A.S, 2025

La fracción fina de este depósito se ve conformado por sedimentos terrígenos de grano grueso a muy fino, pobremente seleccionado, principalmente compuesto por cuarzo monocristalino, seguido de arcilla y cuarzo muy fino, en menor medida se encuentran granos de cuarzo policristalino,

feldespato y fragmentos líticos sedimentarios, los minerales accesorios presentes son el circón y minerales opacos (ver **Fotografía 3.2.1-39** y **Fotografía 3.2.1-40**).

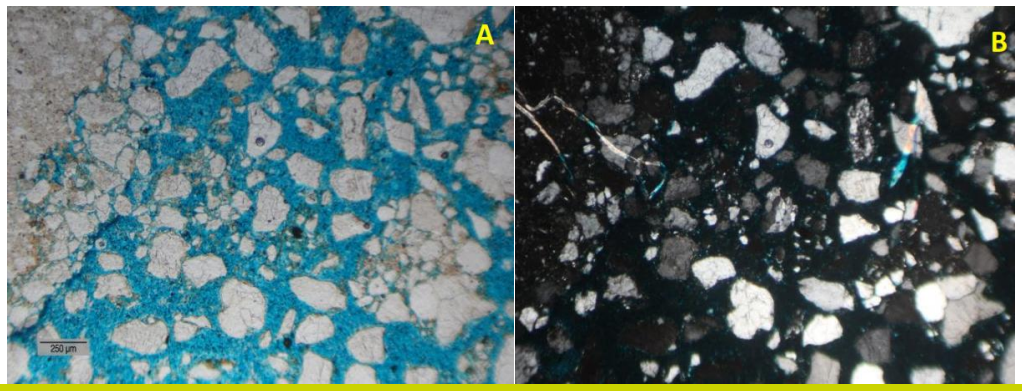


Fotografía 3.2.1-39 M_04_T1- Matriz bajo luz reflejada aumento x60, de escala una mina de lápiz 0.7 mm.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4944454,04 N 1987295,24
Fuente: SGI S.A.S, 2025

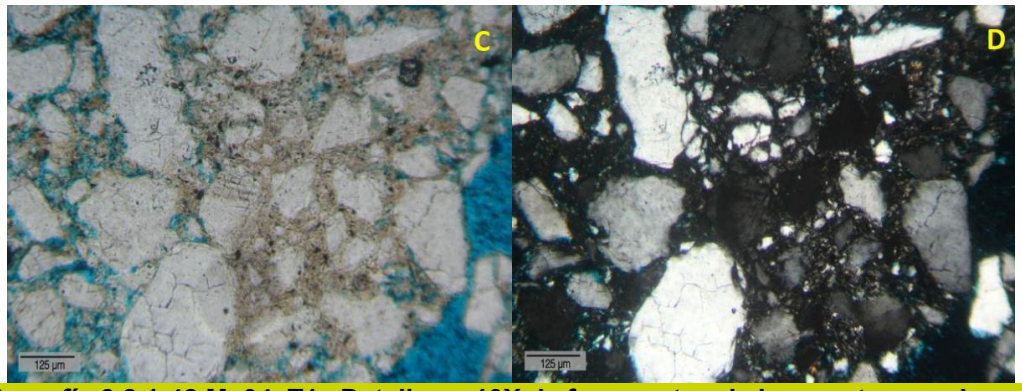


Fotografía 3.2.1-40 M_04_T1– Matriz bajo luz reflejada aumento x120, de escala una mina de lápiz 0.7 mm.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4944454,04 N 1987295,24
Fuente: SGI S.A.S, 2025

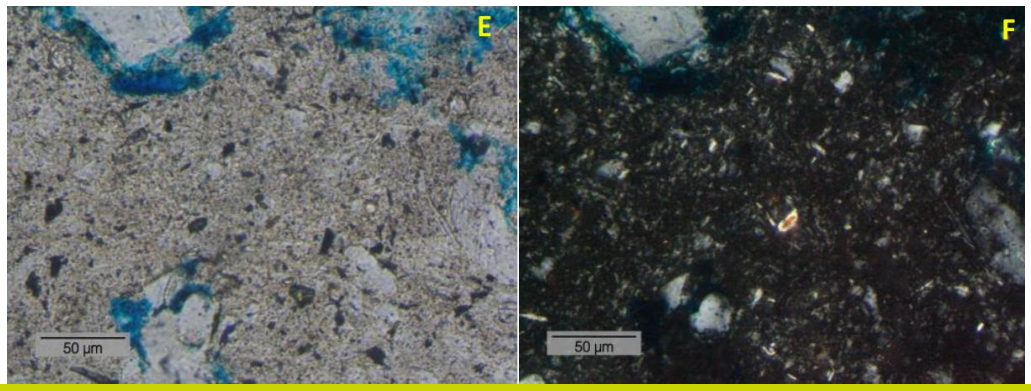
El análisis composicional revela que la muestra está dominada principalmente por cuarzo monocristalino (57,32%), cuyos granos presentan extinción ondulante y bordes angulares a redondeados, en tamaños desde limo hasta grava. En menor proporción (0,96%), se observan fragmentos de cuarzo policristalino con bordes subredondeados a angulares y tamaños de arena gruesa, así como feldespato potásico en igual porcentaje, caracterizado por un alto grado de meteorización y tamaños de arena fina a media. Entre los fragmentos líticos sedimentarios identificados, destacan fragmentos de arenita con alto grado de meteorización de areniscas ricas en cuarzo (0,6%) y fragmentos de lodolita redondeados, provenientes de rocas sedimentarias de grano muy fino (0,3%). Además, se reportan trazas de minerales opacos tamaño limo a arcilla y presencia muy escasa de circón (0,32%) en tamaño limo. Finalmente, se observa una fracción fina que es predominantemente limo-arcillosa (38,22%), compuesta por minerales de arcilla y cuarzo en tamaño limo, y en menor proporción (1,27%), una matriz de óxidos con coloración rojiza a marrón oscuro, casi opaca, sin distinción clara de partículas individuales (ver **Fotografía 3.2.1-41**, **Fotografía 3.2.1-42**, **Fotografía 3.2.1-43**).



Fotografía 3.2.1-41 M_04_T1– Fotografía con aumento de 4X, se observan partículas de cuarzo aisladas y también granos embebidos en la matriz terrígena.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4944454,04 N 1987295,24
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-42 M_04_T1– Detalle en 10X de fragmentos de la muestra, en el que se observan granos de cuarzo con extinción ondulante, fracturados y con bordes subredondeados a angulares, también se observa el carácter terrígeno de la matriz.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4944454,04 N 1987295,24
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-43 M_04_T1– Detalle en 40X de la matriz, donde se evidencia su carácter terrígeno.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4944454,04 N 1987295,24
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Por último, se generaron dos (2) columnas litológicas de depósitos de terraza baja adyacentes al río Guayuriba y el río Orotoy respectivamente en la **Figura 3.2.1-35** y en la **Figura 3.2.1-36.**

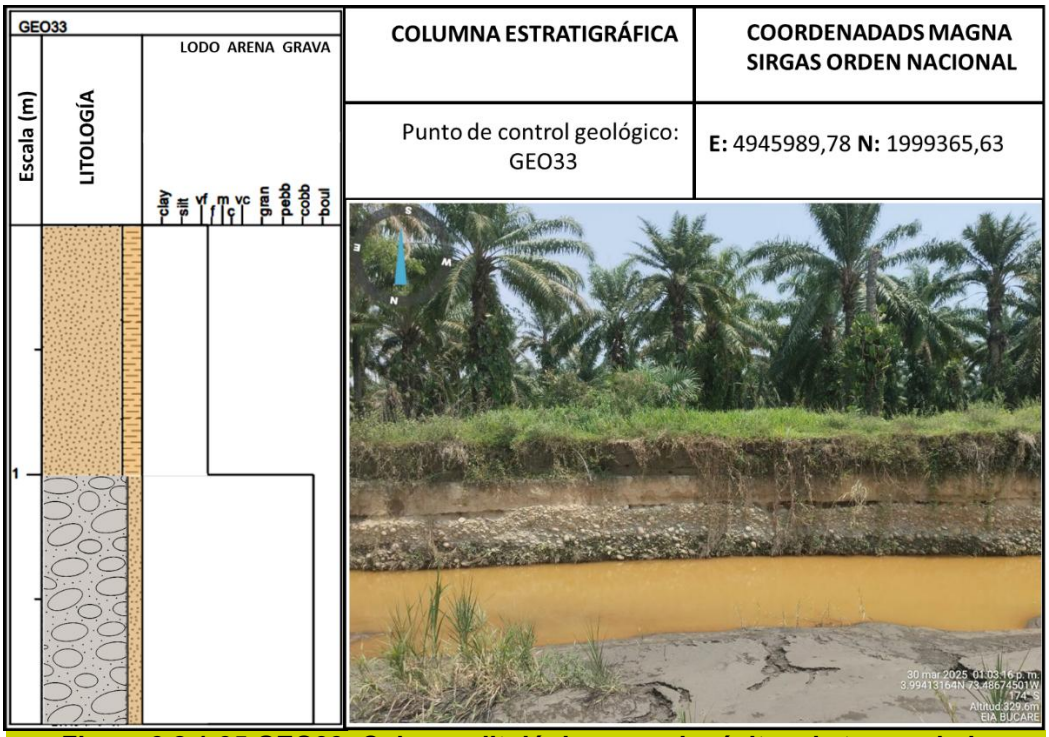


Figura 3.2.1-35 GEO33- Columna litológica para depósitos de terraza baja
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4945628,86 N 1998802,07
Fuente: SGI S.A.S, 2025

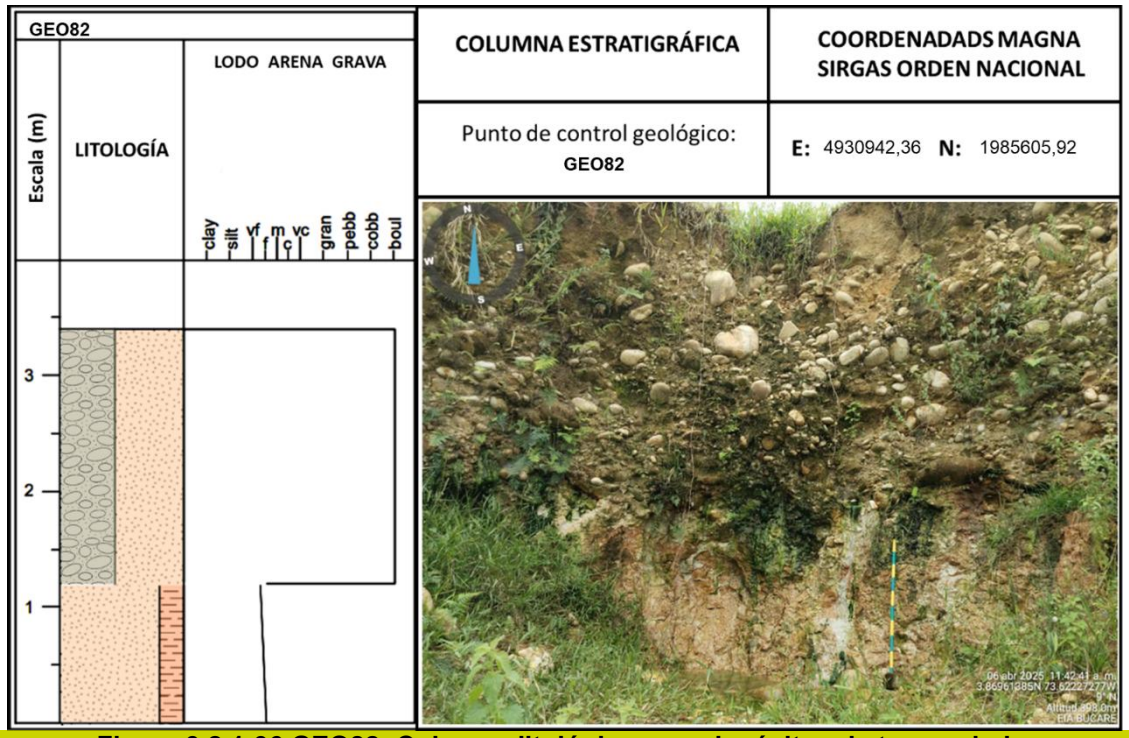


Figura 3.2.1-36 GEO82- Columna litológica para depósitos de terraza baja.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4930942,35 N 1985605,92
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.2.1.5 Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores (Q2pi)

Estos depósitos se localizan a lo largo de las márgenes de los principales cursos de agua, específicamente el río Guayuriba, río Acacías, río Orotoy y caño Chichimene (ver **Fotografía 3.2.1-44**,**Fotografía 3.2.1-45**, **Fotografía 3.2.1-46**). La deposición de sedimentos asociados a los planos de inundación de estos drenajes presenta una distribución areal limitada, con escasa extensión lateral, debido a que dichos cauces se encuentran confinados por terrazas bajas. Por lo que, esta configuración geomorfológica refleja una dinámica fluvial caracterizada por una mayor capacidad de incisión vertical que de erosión lateral.

Litológicamente, los depósitos de planos de inundación vinculados a los drenajes mayores están constituidos principalmente por sedimentos no consolidados de arenas, arenas gravosas y gravas arenosas, con variaciones granulométricas según el nivel estratigráfico observado. En términos generales, el perfil de estos depósitos muestra en su base niveles de granulometría gruesa (gravas arenosas o arenas gravosas), en algunos casos clastosoportados, que yacen por debajo de capas compuestas por sedimentos más finos, como arenas, arenas limosas o limos arenosos. Esta sucesión refleja la dinámica fluvial del sistema, donde las facies basales corresponden a ambientes de alta energía, mientras que los niveles superiores representan condiciones de menor energía, asociadas a eventos de inundación esporádicos.



Fotografía 3.2.1-44 GEO11- Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores – Rio Orotoy.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4939213,38 N 1986217,85
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-45 GEO30 - Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores – Rio Guayuriba
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4945642,68 N 1999436,10
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-46 GEO106- Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores – Rio Acacias
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4930398,55 N 1995150,74
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En los depósitos correspondientes al plano de inundación de drenajes mayores, se realizó una descripción macroscópica de los clastos presentes, evidenciándose una composición variada que incluye tanto rocas sedimentarias como metamórficas.

Entre las rocas metamórficas identificadas, se destaca la observada en la **Fotografía 3.2.1-47**, donde se aprecia una roca de textura foliada, con bandas alternadas de minerales claros y oscuros. Las bandas claras están compuestas por cuarzo y, posiblemente, feldespatos, mientras que las bandas

oscuras corresponden a minerales del grupo de las micas. Esta foliación es típica de una bandación composicional atribuible a un gneis, resultado de procesos metamórficos.

En cuanto a las rocas sedimentarias, en la **Fotografía 3.2.1-49** y la **Fotografía 3.2.1-50** se observa una roca de textura arenosa, con granos de tamaño grueso a medio y tonalidades que varían de beige claro a pardo. Los granos, predominantemente de cuarzo subanguloso a subredondeado y con brillo vítreo, se encuentran aparentemente cementados.

Se identifican intersticios entre los granos, posiblemente rellenados por sílice o por óxidos de hierro, lo que explicaría la coloración pardo-rojiza de la matriz. Presenta una estructura masiva, sin evidencias de laminación o estructuras sedimentarias, con contactos mayoritariamente tangenciales entre los granos y una escasa matriz fina, características que permiten interpretarla como una arenita de grano grueso a medio, con textura de cuarzo arenita o subarcosa y un grado de selección moderado.

Adicionalmente, en la **Fotografía 3.2.1-48**, **Fotografía 3.2.1-51** y **Fotografía 3.2.1-52** se documenta una roca de tonalidad grisácea, con textura de grano fino a muy fino y fractura concoidea. Bajo aumento de 30x, se observan partículas dispersas de mayor tamaño con brillo vítreo, presumiblemente cuarzo. La superficie es homogénea, de color gris oscuro a negro, con áreas de mayor compactación, lo que indica un alto grado de cementación o compactación. No se reconocen estructuras sedimentarias ni orientación preferencial de los granos, por lo que preliminarmente se interpreta como una limolita o lodolita cementada.

En conjunto, estas observaciones permiten concluir que los clastos presentes en los depósitos de planos de inundación de drenajes mayores corresponden a fragmentos provenientes de diferentes litologías, destacándose gneises, arenitas de cuarzo y rocas pelíticas cementadas, lo que evidencia una proveniencia heterogénea y procesos de transporte y depósito asociados a ambientes fluviales de alta energía.



Fotografía 3.2.1-47 GEO26- Gneis con bandeamiento composicional. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4943938,11 N 1999858,05 Fuente: SGI S.A.S, 2025	Fotografía 3.2.1-48 GEO26 – Clastos observados en el plano de inundación del Rio Guayuriba. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4943938,11 N 1999858,05 Fuente: SGI S.A.S, 2025





Fotografía 3.2.1-49 GEO106- Arenita de grano grueso a medio. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4930398,55 N 1995150,74 Fuente: SGI S.A.S, 2025	Fotografía 3.2.1-50 GEO106 – Arenita en aumento x30. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4930398,55 N 1995150,74 Fuente: SGI S.A.S, 2025

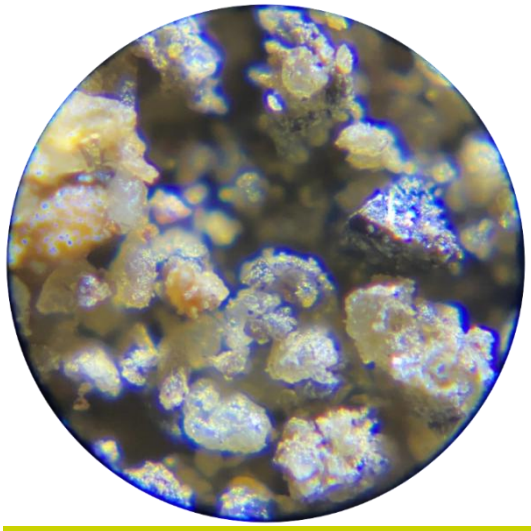




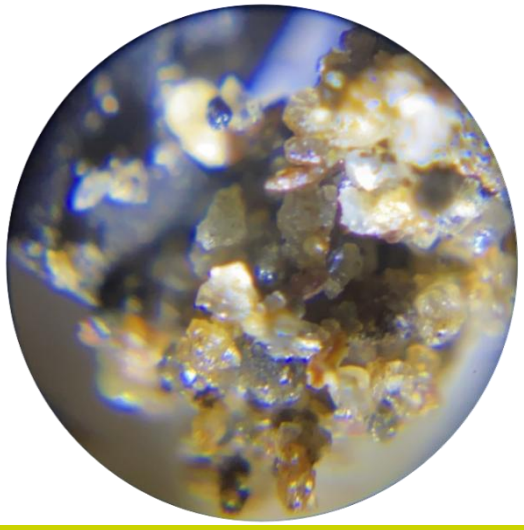
Fotografía 3.2.1-51 GEO106- Lodolita cementada, COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4930398,55 N 1995150,74 Fuente: SGI S.A.S, 2025	Fotografía 3.2.1-52 GEO106 – Lodolita cementada en aumento x30. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4930398,55 N 1995150,74 Fuente: SGI S.A.S, 2025

La matriz de los depósitos de planos de inundación de drenajes mayores se describe como un sedimento terrígeno de grano grueso a muy fino, pobremente seleccionado, principalmente compuesto por arcilla y cuarzo muy fino; también, se encuentran granos de cuarzo monocristalino.

Además, los minerales accesorios presentes son micas y minerales opacos y, existe la presencia minoritaria de óxidos de hierro (ver **Fotografía 3.2.1-9** y **Fotografía 3.2.1-10**).

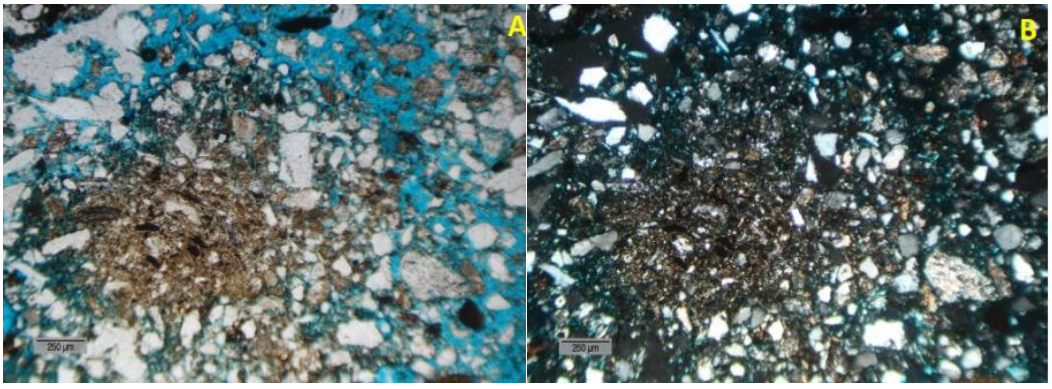


**Fotografía 3.2.1-53 M_05_Pl- Matriz bajo luz reflejada aumento x60.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942330,90 N 1996980,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025**

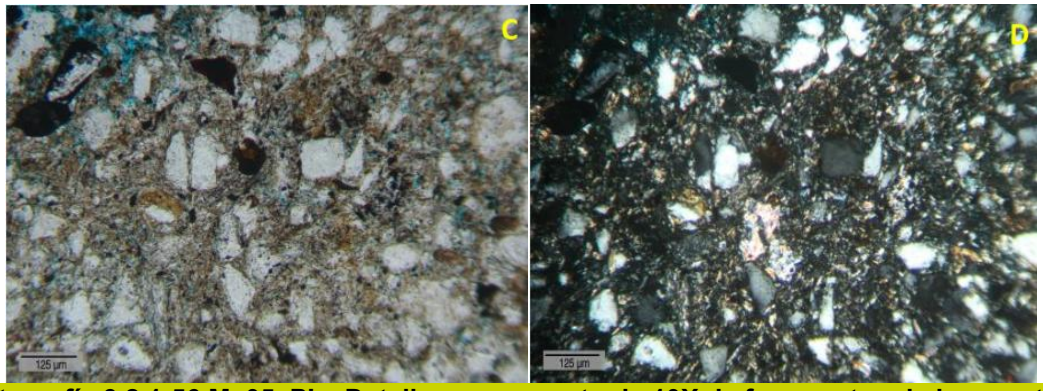


**Fotografía 3.2.1-54 M_05_Pl– Matriz bajo luz reflejada aumento x120, de escala una mina de lápiz 0.7 mm.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942330,90 N 1996980,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025**

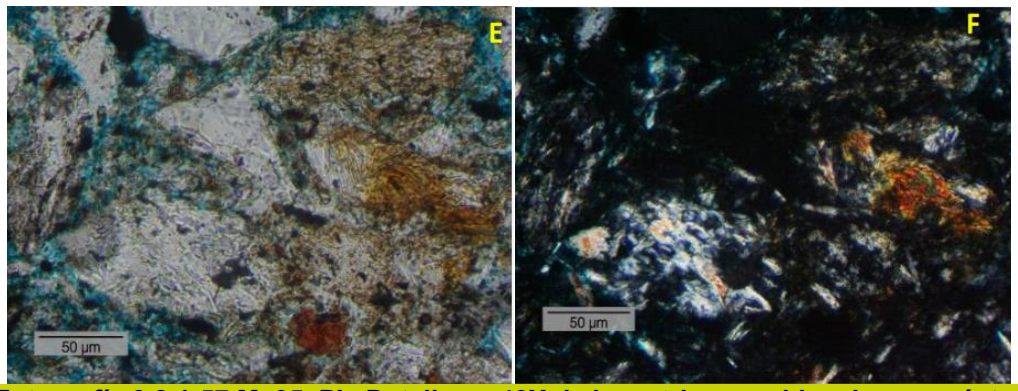
El análisis composicional muestra que el depósito está principalmente compuesto por material limo-arcilloso, que representa el 59,12% del total y está conformada por minerales de arcilla y cuarzo en tamaño limo. En segundo lugar, aparece el cuarzo monocristalino con un porcentaje significativo del 26,10%, cuyos granos exhiben extinción ondulante y presentan bordes que varían desde angulares hasta redondeados, en tamaños que oscilan entre limo y arena media. Además, se identifican óxidos con un 4,72%, de color rojizo a marrón oscuro, casi opaca, donde no se logran distinguir partículas individuales. Por otro lado, también se registran minerales opacos (6,92%), con bordes subangulares a subredondeados, con tamaños desde limo hasta arena fina, y fragmentos de micas altamente alteradas en menor proporción (2,20%), en tamaño arena muy gruesa. Para la matriz de este depósito, cabe resaltar la ausencia total de fragmentos líticos sedimentarios y metamórficos (ver **Fotografía 3.2.1-55**, **Fotografía 3.2.1-56**, **Fotografía 3.2.1-57**)



Fotografía 3.2.1-55 M_05_PI – Fotografía con aumento de 4X, donde se observan partículas de cuarzo sueltas, granos embebidos en la matriz y también granos de minerales opacos.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942330,90 N 1996980,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-56 M_05_PI – Detalle con aumento de 10X de fragmentos de la muestra, en el que se observaron granos con bordes subredondeados a angulares, granos de óxido y minerales opacos, también se observa el carácter terrígeno de la matriz.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942330,90 N 1996980,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-57 M_05_PI –Detalle en 40X de la matriz, se evidencia su carácter terrígeno y se logran observar estructuras de minerales de arcilla con oxidación en algunas zonas puntuales.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942330,90 N 1996980,16
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En la **Figura 3.2.1-37** se presenta la columna litológica para esta unidad.

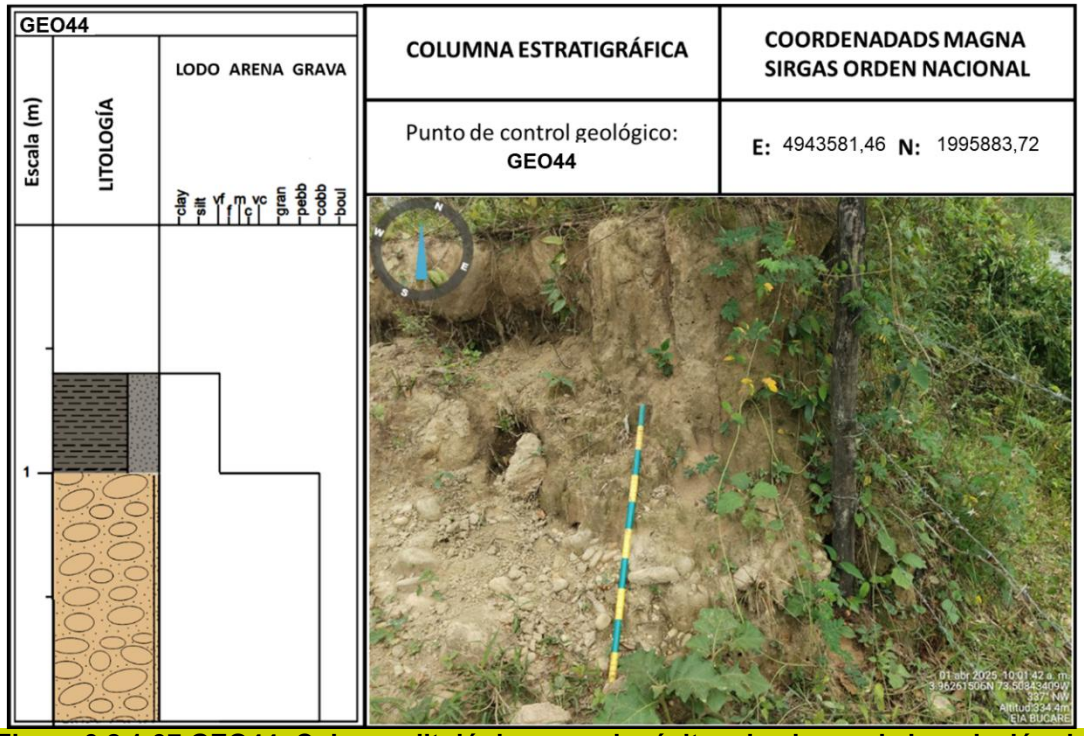


Figura 3.2.1-37 GEO44- Columna litológica para depósitos de planos de inundación de drenajes mayores.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4943581,46 N 1995883,72
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.2.1.6 Depósitos aluviales de drenajes mayores (Q2al1)

Los depósitos aluviales de drenajes mayores se encuentran en los lechos de los ríos Guayuriba, Acacias, Orotoy y Caño Chichimene, estos corresponden a sedimentos no consolidados, principalmente clasto-soportados, caracterizados por una alta proporción de gravas.

La mayoría de los puntos analizados presenta contenidos de grava superiores al 65%, alcanzando valores de hasta el 95%; lo que indica una fuerte influencia de procesos de transporte de alta energía, propios de ambientes fluviales con dinámicas activas.

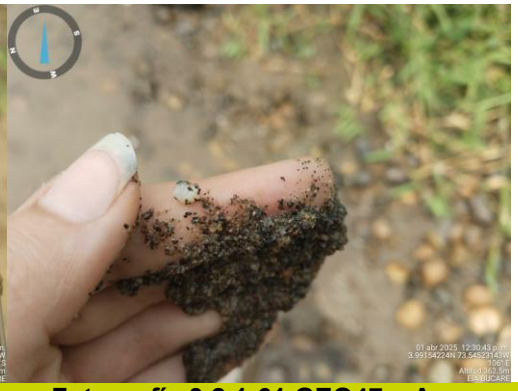


Fotografía 3.2.1-58 GEO101- Depósitos aluviales del Río Acacías. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4940642,85 N 1991694,96 Fuente: SGI S.A.S, 2025	Fotografía 3.2.1-59 GEO100 – Depósitos aluviales del Río Acacías COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4940648,27 N 1991685,89 Fuente: SGI S.A.S, 2025

En general, las arenas mal seleccionadas, con tamaños de muy fina a muy gruesa, subredondeadas a subangulosas; constituyen el segundo componente más abundante, con porcentajes que oscilan entre el 5% y el 75%, aunque en la mayoría de los casos no superan el 35%.

Por otro lado, el contenido de lodo es escaso o nulo en la mayoría de los puntos, con valores máximos de hasta el 10%, lo que refuerza la interpretación de un ambiente de sedimentación de alta energía y baja decantación de finos.





Fotografía 3.2.1-60 GEO3- Arenas del Río Acacías. COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4944230,54 N 1987768,77 Fuente: SGI S.A.S, 2025	Fotografía 3.2.1-61 GEO47 – Arenas del Caño Chichimene COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL E 4939496,80 N 1999087,78 Fuente: SGI S.A.S, 2025

En conjunto, esta unidad representa depósitos típicos de barras de canal, canales trenzados o sectores de transporte activo dentro de un sistema fluvial (ver **Fotografía 3.2.1-62**, **Fotografía 3.2.1-63**, **Fotografía 3.2.1-64**), con una marcada predominancia de facies gruesas asociadas a eventos de alto caudal y capacidad de carga, por lo que se clasifican principalmente como gravas, gravas arenosas o arenas gravosas (ver **Fotografía 3.2.1-65**).



Fotografía 3.2.1-62 GEO3- Depósitos aluviales del Río Acacías.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4944230,54 N 1987768,77
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-63 GEO32 – Depósitos aluviales del Río Guayuriba
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4945599,10 N 1999448,02
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-64 GEO50- Depósitos aluviales del Caño Chichimene
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4935807,90 N 1999660,48
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-65 GEO100 – Depósitos aluviales del Río Acacías
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4940648,27 N 1991685,89
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Los clastos presentan tamaños que varían desde gránulos hasta bloques, con formas elongadas y subredondeadas. Composicionalmente, además de las rocas sedimentarias previamente descritas, como arenitas y lodolitas con fracturas rellenas de cuarzo, se identifican clastos con cristales de cuarzo embebidos en una matriz que muestra características de cuarzo recristalizado, evidenciado por la presencia de fractura concoidea. Sin embargo, algunos de estos clastos aún conservan una textura sedimentaria, donde los granos individuales son reconocibles. Macroscópicamente, no se observa foliación visible.

En consecuencia, estas rocas se interpretan como metasedimentarias con textura granoblástica incipiente, representando una transición entre arenitas cementadas y cuarcitas (ver **Fotografía 3.2.1-66**, **Fotografía 3.2.1-68**, **Fotografía 3.2.1-69**. Asimismo, se identifican arenitas con una incipiente alineación de minerales máficos, lo que permite clasificarlas como meta-arenitas (ver **Fotografía 3.2.1-67**).

Por otro lado, también se observan clastos que presentan bandamientos composicionales (ver **Fotografía 3.2.1-70**), así como la presencia de cuarcitas bien desarrolladas (ver **Fotografía 3.2.1-71**).



Fotografía 3.2.1-66 GEO100- Clasto metasedimentario.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4940648,27 N 1991685,89
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-67 GEO69 – Meta-arenita con alineación incipiente.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4927836,29 N 1995492,03
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-68 GEO100- Clasto metasedimentario vista macro.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4940648,27 N 1991685,89
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-69 GEO100 – Clasto metasedimentario aumento x30.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4940648,27 N 1991685,89
Fuente: SGI S.A.S, 2025



**Fotografía 3.2.1-70 GEO100- Clasto con bandeamiento composicional.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4940648,27 N 1991685,89
Fuente: SGI S.A.S, 2025**



**Fotografía 3.2.1-71 GEO97– Cuarcita bajo un aumento x30.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4935752,69 N 1993696,61
Fuente: SGI S.A.S, 2025**

3.2.1.2.2.1.7 Depósitos aluviales de drenajes menores (Q2al2)

Los depósitos aluviales asociados a drenajes menores están conformados por materiales no consolidados, mal seleccionados, en su mayoría matriz soportados y transportados por corrientes. Texturalmente, estos depósitos pueden clasificarse principalmente como arenas gravosas, según la clasificación de Nichols (2009), ya que en la mayoría de los puntos descritos las arenas constituyen entre el 80 % y el 85 % del material, mientras que las gravas representan entre el 15 % y el 20 % (ver **Fotografía 3.2.1-52**). No obstante, en sectores donde los drenajes presentan mayor energía o donde la sedimentación es más proximal, la proporción de gravas puede alcanzar hasta un 40 % (ver **Fotografía 3.2.1-73**). En conjunto, esta unidad evidencia un ambiente de sedimentación fluvial de baja a moderada energía. Cabe señalar que algunos de los clastos presentes en estos depósitos podrían no haber sido transportados directamente por los drenajes menores, sino que provendrían de la erosión o retrabajo de unidades circundantes, como abanicos aluviales y terrazas que los drenajes interceptan a lo largo de su recorrido (ver **Fotografía 3.2.1-74**).



**Fotografía 3.2.1-72 GEO2- Depósitos aluviales de drenajes menores.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4943990,09 N 1987907,13
Fuente: SGI S.A.S, 2025**



**Fotografía 3.2.1-73 GEO8 – Depósitos aluviales de drenajes menores.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4941756,68 N 1988025,80
Fuente: SGI S.A.S, 2025**



Fotografía 3.2.1-74 GEO42- Depósitos aluviales de drenajes menores.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942562,46 N 1994190,77
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En cuanto a la granulometría, los clastos varían entre gránulos y guijarros (ver **Fotografía 3.2.1-75**). Presentan formas elongadas, subredondeadas a redondeadas, sin una orientación preferencial aparente, y se encuentran embebidos en una matriz de arena media a muy gruesa, compuesta predominantemente por granos de cuarzo (ver **Fotografía 3.2.1-76**).



Fotografía 3.2.1-75 GEO2- Clastos tamaño guijarro, en un depósito mal seleccionado.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4943990,09 N 1987907,13
Fuente: SGI S.A.S, 2025

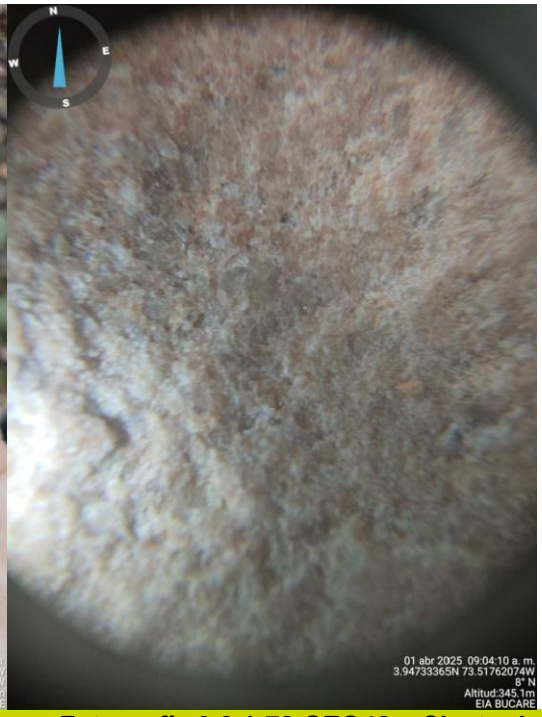


Fotografía 3.2.1-76 GEO15 –Matriz de arenas medias a muy gruesas.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4940213,10 N 1989551,57
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Desde el punto de vista composicional, predominan los clastos de rocas sedimentarias, especialmente arenitas. Como se observa en la **Fotografía 3.2.1-77** y la **Fotografía 3.2.1-78**, uno de los clastos presenta forma subredondeada, tamaño de guijarro y fractura subconcoidea. Esta roca muestra una textura clástica de grano fino a medio, compuesta mayoritariamente por cuarzo y feldespato, con una posible concentración de óxidos de hierro que le confiere una tonalidad rojiza. No se identifican estructuras sedimentarias internas. En conjunto, se interpreta como una arenita cuarzosa (cuarzoarenita) o, en caso de mayor proporción de feldespato, como una arkosa. Se trata de un clasto moderadamente consolidado, cuyo transporte está asociado a procesos fluviales.



Fotografía 3.2.1-77 GEO42- Clasto de arenita.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942562,46 N 1994190,77
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-78 GEO42 – Clasto de arenita en aumento x30.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4942562,46 N 1994190,77
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.3 Geología Estructural Local

El estilo estructural que caracteriza esta zona sur de la cuenca —donde se ubican los campos Castilla, Chichimene, Suria, Apiay, Gaván y Guatiquía— corresponde a sistemas transpresionales asociados al sistema de fallas Castilla-Apiay. Estos sistemas dieron origen a pliegues y fallas tanto inversas como normales, los cuales son responsables de los entrampamientos que permiten la acumulación de hidrocarburos en los campos mencionados. Su origen está relacionado con el frente de deformación andina (Halliburton, 2007; Beicip-Franlab, 1995; ANH, 2012).

Para el análisis estructural del área, se establecieron lineamientos mediante fotointerpretación (ver **Figura 3.2.1-21**), los cuales fueron comparados con la información reportada en las planchas del Servicio Geológico Colombiano (266, 267, 285 y 286), así como con los resultados del Modelo Hidrogeológico Matemático (MHM) de la Actividad de Inyección de Agua para el Mantenimiento de Presión del Campo Castilla (2020).

En la **Figura 3.2.1-38** se observa que algunos de los foto-lineamientos coinciden con superficies de falla identificadas en el MHM del Campo Castilla (2020), así como con el trazo propuesto para la Falla Villa Lucía presente en la cartografía de la plancha 285 – San Martín. Por ejemplo, el lineamiento L1 coincide con la superficie de la Falla Chichimene. Esta es una falla inversa con un buzamiento de entre 55° y 60° hacia el noroeste (318°), y un rumbo con tendencia suroeste-noreste, según lo reportado por el equipo de Yacimientos de Ecopetrol en el MHM del Campo Castilla (2020).

Por otro lado, la estructura denominada Falla Principal Castilla que se presenta dentro de la Falla del Yacimiento del Campo Castillo coincide con el trazo propuesto para la Falla Villa Lucía, y este mantiene continuidad a lo largo del lineamiento trazado en el presente documento con dicho nombre. De acuerdo con el MHM antes mencionado, la extensión vertical de estas fallas se desarrolla desde el tope del Paleozoico hasta la unidad T2, también conocida como Formación San Fernando, o Formación Mirador según la denominación utilizada en este documento.

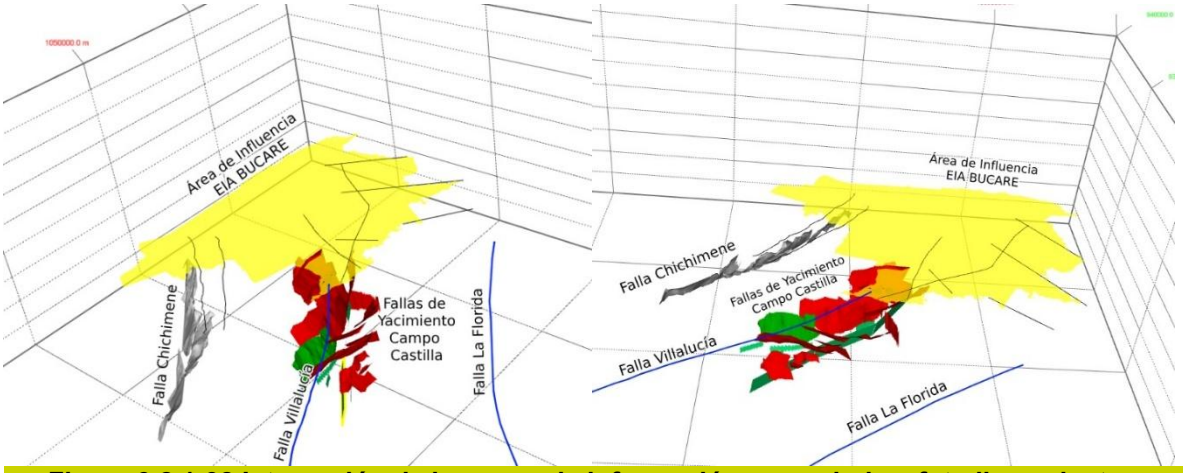


Figura 3.2.1-38 Integración de insumos de información secundaria y foto lineamientos para el área de influencia.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Por lo que, a pesar de que estos lineamientos son expresiones geomorfológicas en superficie, teniendo en cuenta lo reportado por el MHM y por el SGC (ver **Figura 3.2.1-4**), las fallas presentes no superan la Formación Mirador y por tanto no ascienden a superficie.

3.2.1.2.4 Unidades Geológicas Superficiales (UGS)

Las Unidades Geológicas Superficiales (UGS), según la definición de Hermelin (1985), abarcan desde la superficie terrestre hasta profundidades del orden de decenas de metros. Estas formaciones incluyen tanto suelos como rocas, de acuerdo con su clasificación en el ámbito ingenieril. Cada UGS es el resultado de una combinación de procesos exógenos y endógenos que moldean la superficie terrestre, dotando al terreno de propiedades específicas que influyen en su comportamiento geotécnico. Para la clasificación de las UGS, se realizaron a partir de la cartografía geológica expuesta en este capítulo y lo propuesto por Hermelín (1985), presentado en la Tabla 3.2.1-7. También, de forma complementaria en su descripción hacen parte propiedades tales como la consistencia, la plasticidad, el color, la condición de humedad y el tamaño.

Tabla 3.2.1-7 Unidades Geológicas Superficiales (UGS) según su origen

TIPO DE MATERIAL	ORIGEN DE LA UGS		TIPO DE UGS
ROCA	**Roca inalterada**		Roca dura (Calidad de macizo buena y muy buena)
			Roca Intermedia (Calidad de macizo regular)
			Roca blanda (Calidad de macizo mala y muy mala)
SUELO	**Derivadas de roca in situ**		Suelo residual: Horizontes IV (saprolito grueso) y V (saprolito fino) y VI.
	Suelo transportado	Depósitos volcaniclásticos primarios	Flujos piroclásticos (Ignimbrita), oleada prioclástica, caídas piroclásticas (bombas,bloques y ceniza)

TIPO DE MATERIAL	ORIGEN DE LA UGS		TIPO DE UGS
		Depósitos volcaniclásticos secundarios	Lahar, avalancha de escombros.
		Depósitos aluviales	Aluviones recientes y de cauce activo.
			Llanura aluvial
			Abanicos o conos aluviales
			Terrazas aluviales
			Depósitos fluviotorrenciales.
		Depósitos lacustres y paludales	Suelos fluviolacustre
			Suelos paludales
		Depósitos costeros	Deltas, Barras, Playas, etc.
		Depósitos eólicos	Dunas y Médanos
			Loess
		Depósitos glaciares	Morrenas y Tillitas
			Suelos fluvioglaciares
		Depósitos de gravedad y ladera	Coluvial
			Talus, derrubios de pendiente
			Flujos (de lodo, tierra y de escombros)
		Depósitos antrópicos	Llenos de basura
			Llenos de escombros
			Llenos mixtos

Fuente: Hermelín (1985)

A partir de las anteriores consideraciones en el área de influencia se identificaron siete (7) unidades geológicas superficiales (UGS), categorizadas como los suelos transportados y suelos in situ clasificados según su material de origen, tal y como se observa en la Tabla 3.2.1-8 y **Figura 3.2.1-39**.

Tabla 3.2.1-8 Unidades Geológicas Superficiales (UGS) identificadas en el área de influencia.

TIPO DE MATERIAL	ORIGEN UGS	NOMBRE	NOMENCLATURA	CORRELACION UNIDADES GEOLÓGICAS
SUELO	**Derivadas de material in situ**	Suelo residual derivado de abanico aluvial	Sraa	Q1ca
	Suelo transportado	Suelo transportado aluvial de terraza baja	Stat3	Q2t3
		Suelo transportado aluvial de terraza media	Stat2	Qt2
		Suelo transportado aluvial de terraza alta	Stat1	Qt1
		Suelo transportado aluvial de planos de inundación de drenajes mayores	Stapi	Q2pi
		Suelo transportado aluvial de drenajes mayores	Stadma	Q2al1
		Suelo transportado aluvial de drenajes menores	Stadme	Q2al2

Fuente: SGI S.A.S, 2025

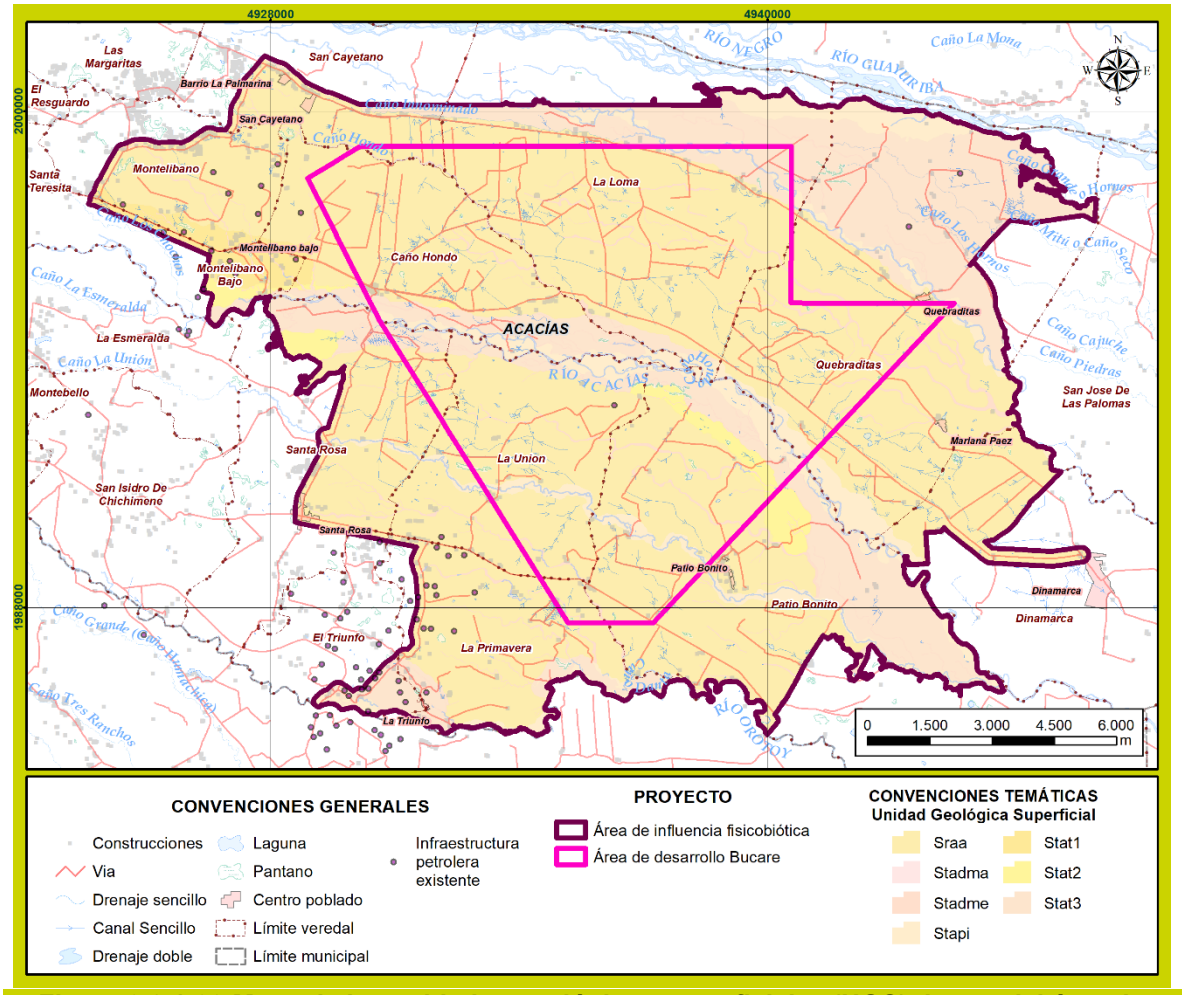


Figura 3.2.1-39 Mapa de las unidades geológicas superficiales (UGS) dentro del área de influencia.
Fuente: SGI S.A.S, 2025.

Tabla 3.2.1-9 Áreas de las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) aflorantes en el área de influencia físicobiótica

NOMBRE	NOMENCLATURA	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
		ÁREA (ha)	ÁREA (%)	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Suelo residual derivado de abanico aluvial	Sraa	16714,83	66,85	8297,15	79,68
Suelo transportado aluvial de terraza baja	Stat3	4832,93	19,33	942,42	9,05
Suelo transportado aluvial de terraza media	Stat2	440,74	1,76	158,08	1,52
Suelo transportado aluvial de terraza alta	Stat1	432,80	1,73	0,00	0,00
Suelo transportado aluvial de planos de inundación de drenajes mayores	Stapi	1767,64	7,07	651,50	6,26
Suelo transportado aluvial de drenajes mayores	Stadma	167,67	0,67	84,50	0,81
Suelo transportado aluvial de drenajes menores	Stadme	648,41	2,59	278,79	2,68

NOMBRE	NOMENCLATURA	ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIÓTICA		ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
		ÁREA (ha)	ÁREA (%)	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
TOTAL		25005,03	100,00	10412,44	100,00

Fuente: SGI SAS, 2025

- **Unidades de suelo**

El suelo puede originarse por la erosión o meteorización de rocas más resistentes o de suelos antiguos *in situ*, o bien puede estar compuesto por material transportado y depositado, formando una unidad geológica de menor consolidación. Independientemente de su origen, el suelo se define como un material particulado que puede ser descrito mediante propiedades específicas. En el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare, se identificaron siete (7) unidades de suelo que corresponde a una unidad de suelo residual de abanico aluvial con carácter in situ, y seis unidades de suelo transportado con origen aluvial.

Por otro lado, los perfiles de suelo aquí presentados pueden encontrarse descritos con mayor detalle y enfoque edafológico en el **CAPITULO 3.2.3 SUELOS.**

3.2.1.2.4.1 Suelo residual derivado de abanico aluvial (Sraa)

Esta unidad geológica superficial está conformada por materiales clásticos finos a moderadamente finos, producto de la meteorización in situ de depósitos aluviales antiguos. Estos suelos se disponen sobre superficies ligeramente planas a moderadamente inclinadas, propias del cuerpo activo y relicto del abanico, y se caracterizan por su buen drenaje, ausencia de inundación y estabilidad geomorfológica. En superficie, los materiales presentan un **color en húmedo pardo rojizo (5YR 4/4)**, típico de la presencia de óxidos de hierro y condiciones de oxidación prolongada. En los horizontes subsuperficiales, el color dominante es **rojo intenso (2.5YR 4/6)**, lo que evidencia un mayor grado de oxidación y acumulación de óxidos férricos a profundidades intermedias, característico de suelos residuales en piedemonte tropical.

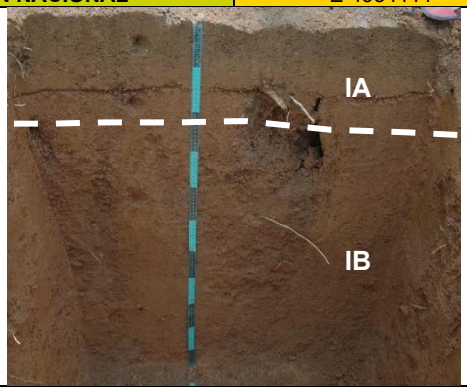
Desde el punto de vista geológico superficial, esta unidad refleja un ambiente de acumulación aluvial de baja energía, donde la meteorización química intensa ha generado perfiles profundos a moderadamente profundos, con horizontes de alteración bien desarrollados. Los materiales presentan texturas franco-arenosas a franco-arcillo-arenosas en superficie, evolucionando hacia texturas arcillo-arenosas en horizontes subsuperficiales, lo que evidencia un progresivo enriquecimiento en fracciones finas por procesos de lixiviación y descomposición mineral.

Los perfiles representativos de esta unidad presentan estructuras de bloques subangulares finos y consistencias friables, con actividad biológica moderada y límites de horizonte claros, indicando estabilidad geomorfológica y continuidad en los procesos de formación del suelo. La presencia de un contacto lítico a partir de los 100 cm sugiere la proximidad del material parental no completamente alterado en sectores específicos.

Geomorfológicamente, estos suelos ocupan el cuerpo del abanico aluvial y mantienen pendientes entre nivel y moderadamente inclinadas (0–12%). En conjunto, este suelo residual de abanico aluvial representa un cuerpo superficial estable, profundamente meteorizado y con propiedades físicas y químicas que reflejan la interacción prolongada entre el material parental aluvial y los procesos atmosféricos característicos del piedemonte metense.

En la Tabla 3.2.1-10 se presenta el perfil de meteorización de esta unidad geológica superficial.

Tabla 3.2.1-10 Perfil de meteorización de la unidad Sraa

DEERE Y PATTON (1971)	DESCRIPCIÓN	
0 – 15 cm IA. HORIZONTE A	Color en húmedo pardo rojizo (5YR4/4); clase textural Franco arenosa; estructura bloques subangulares, muy fina, débil; consistencia en húmedo muy friable, en mojado pegajosa y plástica.	
15 – 107 cm IB. HORIZONTE B	Color en húmedo rojo (2.5YR4/6); clase textural Arcillo arenosa, estructura en bloques subangulares, muy fina, débil; consistencia en húmedo muy friable, en mojado pegajosa y plástica.	
COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	E 4934111	N 1987337
		

Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.4.2 Suelo transportado aluvial de terraza baja (Stat3)

Esta unidad geológica superficial está conformada por sedimentos clásticos aluviales moderadamente gruesos, depositados sobre superficies planas a ligeramente inclinadas del valle. Esta unidad se caracteriza por un drenaje eficiente, baja probabilidad de inundación y perfiles moderadamente profundos, limitados por un contacto lítico somero a los 78 cm.

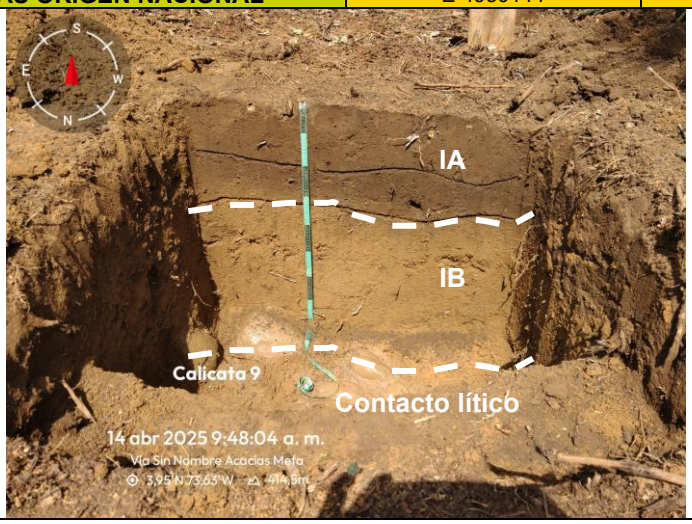
Desde el enfoque de geología superficial, estos depósitos representan materiales aluviales transportados que han experimentado procesos de alteración moderados, conformando perfiles de desarrollo simple a intermedio con horizontes IA e IB, típicos de terrazas jóvenes con actividad pedogenética progresiva. En los horizontes superficiales, los materiales presentan colores en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y pardo muy oscuro (10YR 2/2), asociados a acumulación de materia orgánica y ambientes aireados con humificación inicial. La textura es franco arenosa, con estructura blocosa angular fina y débil, consistencia friable en húmedo y ligeramente pegajosa, poco plástica en mojado. El horizonte subsuperficial cambia a un color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), lo que sugiere oxidación leve en un entorno bien drenado. Mantiene textura franco arenosa, estructura blocosa angular fina y consistencias friables a ligeramente pegajosa y plástica en mojado.

Geomorfológicamente, esta unidad se distribuye en los planos de terraza nivel uno, que representan variaciones leves en pendiente (0–7%), todas con drenaje eficiente y condiciones de inundabilidad rara.

En la Tabla 3.2.1-10 se presenta el perfil de meteorización de esta unidad geológica superficial.

Tabla 3.2.1-11 Perfil de meteorización de la unidad Stat3

DEERE Y PATTON (1971)	DESCRIPCIÓN
0 – 34 cm IA. HORIZONTE A	Color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro a pardo muy oscuro (10YR3/2–10YR2/2); clase textural franco arenosa; estructura blocosa angular, fina y débil; consistencia friable

DEERE Y PATTON (1971)	DESCRIPCIÓN	
	en húmedo y ligeramente pegajosa y poco plástica en mojado.	
34 – 78 cm IB. HORIZONTE B	Color en húmedo pardo muy oscuro (10YR2/2); clase textural Franco arenosa; estructura blocosa angular, fina, débil; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y poco plástica	
>78 cm	Contacto lítico	
COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	E 4930144	N 1994432
		

Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.4.3 Suelo transportado aluvial de terraza media (Stat2)

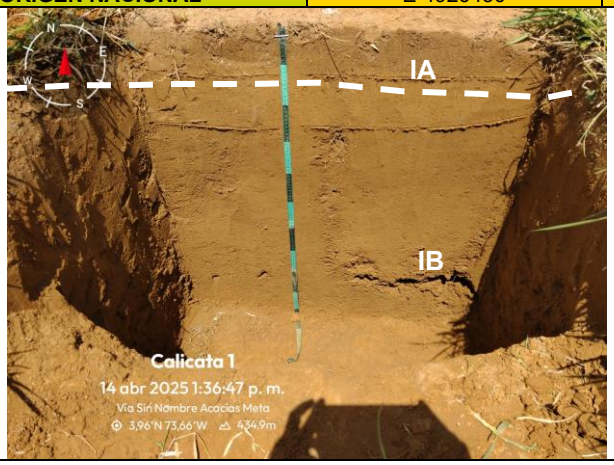
Esta unidad geológica superficial está compuesta por materiales clásticos aluviales moderadamente finos, acumulados en superficies planas a ligeramente inclinadas dentro del valle. Esta unidad se caracteriza por un ambiente geomorfológico estable, buen drenaje y condiciones de inundabilidad rara. Desde el enfoque de geología superficial, estos suelos representan depósitos aluviales transportados que han experimentado una meteorización moderada, configurando perfiles moderadamente superficiales con limitación por compactación. El suelo representativo presenta un desarrollo de dos horizontes principales (IA, IIB), típico de terrazas aluviales estabilizadas donde predominan procesos de alteración incipiente a intermedia.

El horizonte superficial muestra un color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR 3/6), textura franco arenosa y estructura blocosa angular fina y débil. Su consistencia es muy friable en húmedo y poco plástica en mojado, lo que denota material fácilmente desagregable y con alta porosidad. En el horizonte subsuperficial, el color en húmedo permanece dentro del espectro pardo amarillento oscuro (10YR 4/6 y 10YR 4/4), indicador de procesos de oxidación y drenaje aireado característicos de terrazas aluviales bien drenadas. Se mantiene la textura franco arenosa, con estructura blocosa angular fina y consistencias friables a ligeramente pegajosas en mojado.

Geomorfológicamente, esta unidad se encuentra en los planos de terraza nivel dos, con pendientes entre 1–7%, drenaje eficiente y mínima susceptibilidad a inundación. La naturaleza transportada de los sedimentos, combinada con la compactación y el desarrollo de suelo limitado, define un cuerpo superficial estable pero químicamente empobrecido.

En la Tabla 3.2.1-10 se presenta el perfil de meteorización de esta unidad geológica superficial.

Tabla 3.2.1-12 Perfil de meteorización de la unidad Stat2

	DESCRIPCIÓN	
0 – 12 cm IA. HORIZONTE A	Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR3/6); clase textural Franco arenoso; estructura blocosa angular, fina, débil; consistencia en húmedo muy friable, en mojado no pegajosa y poco plástica	
12 – 110 cm IB. HORIZONTE B	Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR4/6 a 10YR4/4); clase textural franco arenosa; estructura blocosa angular, fina y débil; consistencia friable en húmedo y ligeramente pegajosa y plástica en mojado	
COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	E 4926430	N 1995779
		

Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.4.4 Suelo transportado aluvial de terraza alta (Stat1)

Esta unidad geológica superficial está constituida por materiales clásticos aluviales retrabajados, dispuestos sobre superficies planas a ligeramente inclinadas del valle. Estos depósitos corresponden a un ambiente geomorfológico estable, con buena capacidad de drenaje y muy baja probabilidad de inundación. Desde el enfoque de geología superficial, esta unidad representa un cuerpo de sedimentos moderadamente finos sometidos a procesos de meteorización menos intensos en comparación con los suelos residuales del abanico aluvial, lo que resulta en perfiles moderadamente superficiales con limitación por compactación y un contacto lítico somero.

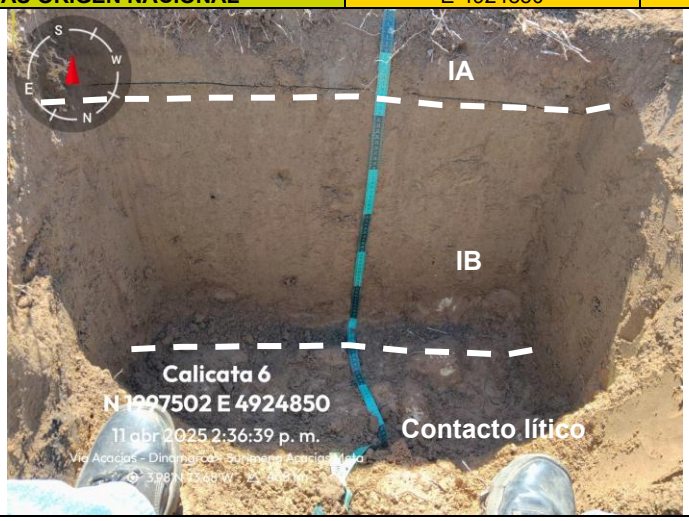
El horizonte superficial exhibe un color en húmedo pardo oscuro (10YR 3/3), asociado a una mayor presencia de materia orgánica y condiciones de oxidación moderada. La textura es franco arenosa, con estructura blocosa fina y débil, consistencia friable en húmedo y ligeramente pegajosa en mojado. En el horizonte subsuperficial, los materiales adquieren un color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), reflejando acumulación leve de óxidos y procesos iniciales de alteración. Se mantiene la textura franco arenosa, con estructura blocosa subangular fina y consistencia friable a pegajosa–plástica en mojado. El contacto lítico a 72 cm evidencia un material parental poco alterado, propio de terrazas aluviales antiguas estabilizadas.

Geomorfológicamente, esta unidad se distribuye en el plano de terraza tres que representa variaciones menores del relieve (pendientes 1–7%), con drenaje eficaz y condiciones de inundabilidad rara. La naturaleza aluvial transportada y la proximidad del contacto lítico indican un cuerpo superficial delgado, estable y con escasa profundidad.

En la Tabla 3.2.1-10 se presenta el perfil de meteorización de esta unidad geológica superficial.

Tabla 3.2.1-13 Perfil de meteorización de la unidad Stat1

DEERE Y PATTON (1971)	DESCRIPCIÓN	
0 – 16 cm IA. HORIZONTE A	Color en húmedo pardo oscuro (10YR3/3); clase textural Franco arenoso; estructura blocosa, fina, débil; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y poco plástica	
16 – 72 cm IB. HORIZONTE B	Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR4/4); clase textural Franco arenosa; estructura blocosa subangular, fina, débil; consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y plástica	
>72 cm	Contacto lítico	
COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	E 4924850	N 1997502



Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.4.5 Suelo transportado aluvial de planos de inundación de drenajes mayores (Stapi)

Esta unidad geológica superficial está conformada por sedimentos clásticos aluviales moderadamente finos, depositados bajo condiciones de dinamismo fluvial y alta humedad edáfica. Esta unidad se caracteriza por superficies planas a ligeramente inclinadas, drenaje pobre, superficialidad marcada y alta frecuencia de inundación, especialmente durante épocas de lluvias cuando el nivel freático emerge o se aproxima significativamente a la superficie.

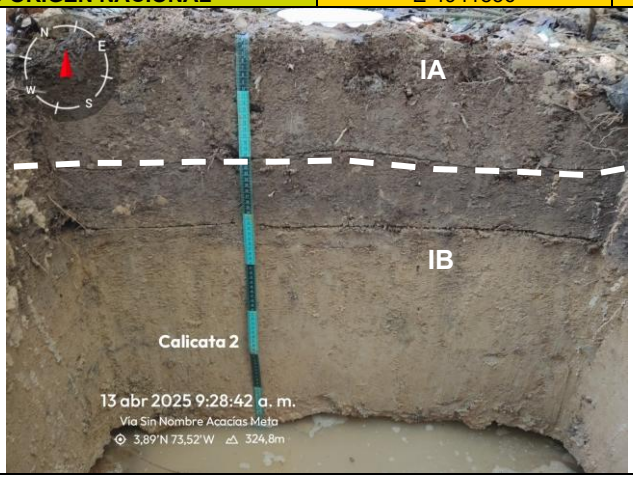
Desde el punto de vista geológico superficial, estos suelos corresponden a materiales aluviales finos depositados en ambientes de desborde, donde los procesos de saturación prolongada controlan su evolución pedogenética.

El horizonte superficial muestra un color en húmedo pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura franca, estructura blocosa angular fina y débil, y consistencia friable en húmedo y ligeramente pegajosa, poco plástica en mojado. Los horizontes subsuperficiales presentan colores propios de ambientes saturados: gris oscuro (10YR 4/1) y gris parduzco oscuro (10YR 6/2), asociados a condiciones reductoras y fluctuaciones del nivel freático. Mantienen texturas franca y franco arenosa, estructura blocosa angular fina y consistencias friables a ligeramente pegajosas y plásticas en mojado.

Geomorfológicamente, esta unidad se distribuye en los planos de inundación de drenajes mayores, los cuales representan variaciones leves de pendiente (0–3%), pero todas con drenaje pobre y inundabilidad frecuente a muy frecuente, condicionada por la dinámica del nivel freático y los eventos de desborde del cauce.

En la Tabla 3.2.1-10 se presenta el perfil de meteorización de esta unidad geológica superficial.

Tabla 3.2.1-14 Perfil de meteorización de la unidad Stapi

DEERE Y PATTON (1971)	DESCRIPCIÓN	
0 – 20 cm IA. HORIZONTE A	Color en húmedo pardo grisaceo oscuro (10YR4/2); clase textural Franco; estructura blocosa angular, fina, débil; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y poco plástica	
20 – 81 cm IB. HORIZONTE B	Color en húmedo gris oscuro a gris parduzco oscuro (10YR4/1–10YR6/2); clase textural franca a franco arenosa; estructura blocosa angular, fina y débil; consistencia friable en húmedo y ligeramente pegajosa y plástica en mojado	
COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	E 4941836	N 1987991
		

Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.4.6 Suelo transportado aluvial de drenajes mayores (Stadma)

La unidad geológica superficial correspondiente a los suelos transportados aluviales de drenajes mayores está conformada por sedimentos no consolidados de origen fluvial, depositados en los lechos y márgenes inmediatos de los ríos Guayuriba, Acacías, Orotoy y Caño Chichimene. Este material superficial no desarrolla perfiles de suelo, sino que está constituido directamente por clastos gruesos transportados por flujos de alta energía, propios de ríos con dinámica activa y variaciones marcadas en caudal.

Los depósitos están dominados por gravas clasto-soportadas, con proporciones superiores al 65% y máximos de hasta 95%, lo que evidencia la acción de corrientes con elevada competencia y capacidad de arrastre. Las arenas representan el segundo componente en abundancia, con tamaños que varían de muy finas a muy gruesas, mala selección granulométrica y morfología subredondeada a subangulosa, con porcentajes entre 5% y 75%, aunque normalmente no superan el 35%. El contenido de finos (lodos) es escaso o nulo, reflejando condiciones de sedimentación dominadas por la tracción y el transporte activo.

Geomorfológicamente, estos depósitos corresponden a zonas de transporte activo dentro del cauce y presentan pendientes de hasta 3%. La predominancia de facies gruesas confirma la influencia de eventos de alto caudal, pulsos de descarga y procesos de desbordamiento localizados.

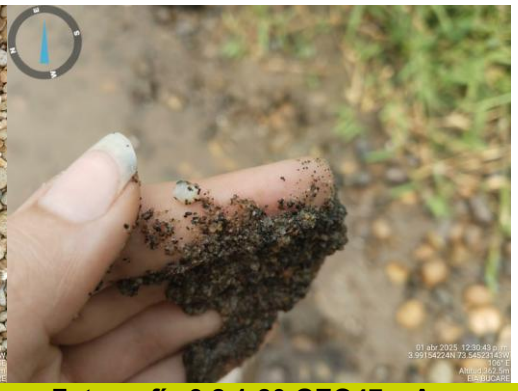
Los clastos presentan tamaños que varían entre gránulos y bloques, con formas subredondeadas y elongadas. Composicionalmente, incluyen arenitas, lodolitas y fragmentos con recristalización parcial de cuarzo, algunos con textura granoblástica incipiente, lo que indica la presencia de clastos metasedimentarios derivados de litologías más competentes ubicadas aguas arriba. También se

identifican meta-arenitas, clastos con bandeamiento composicional y fragmentos de cuarcitas bien desarrolladas, evidenciando una mezcla de materiales sedimentarios y metamórficos en el transporte fluvial.

En conjunto, esta unidad representa un cuerpo superficial joven, inestable y altamente permeable, dominado por materiales gruesos sin desarrollo pedogenético. Su presencia se asocia directamente a la dinámica fluvial activa, constituida por procesos de arrastre, tracción y retrabajo continuo del lecho, actuando como zonas con alta movilidad sedimentaria y escasa retención de agua o finos.



Fotografía 3.2.1-79 GEO100 – Depósitos aluviales del Río Acacías
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4940648,27 N 1991685,89
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 3.2.1-80 GEO47 – Arenas del Caño Chichimene
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4939496,80 N 1999087,78
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.2.4.7 Suelo transportado aluvial de drenajes menores (Stadme)

La unidad geológica superficial correspondiente a los suelos transportados aluviales asociados a drenajes menores está constituida por materiales no consolidados y mal seleccionados, depositados por corrientes de baja a moderada energía. Estos depósitos se localizan en cauces menores y canales secundarios, donde no se desarrolla perfil de suelo debido a la continua movilización del material y la dinámica fluvial activa. El material superficial está compuesto principalmente por arenas gravosas, en las cuales las arenas representan entre 80% y 85% del depósito, mientras que las gravas conforman entre 15% y 20%. En sectores donde los drenajes experimentan mayor energía o condiciones de sedimentación proximal, el contenido de gravas puede alcanzar hasta un 40%. El contenido de finos es muy bajo, lo que refleja un ambiente de transporte donde la decantación es limitada y los pulsos de caudal dominan el proceso sedimentario.

Los clastos presentes en esta unidad varían entre gránulos y guijarros, con formas subredondeadas a redondeadas y ocasionalmente elongadas. No presentan orientación preferencial y se encuentran embebidos en una matriz de arenas medias a muy gruesas, compuestas principalmente por granos de cuarzo. La mala selección granulométrica confirma condiciones de flujo fluctuante y episodios intermitentes de transporte, propios de drenajes menores que responden rápidamente a eventos de lluvia. Desde el punto de vista composicional, predominan clastos de rocas sedimentarias, especialmente arenitas cuarzosas y, en algunos casos, arenitas feldespáticas (arkosas). Los clastos suelen mostrar fractura subconcoidea, tonalidades rojizas asociadas a óxidos de hierro y textura clástica de grano fino a medio. Estos fragmentos provienen en muchos casos del retrabajo de unidades aluviales mayores, abanicos aluviales o terrazas interceptadas por los drenajes menores a lo largo de su recorrido.

Geomorfológicamente, estos depósitos corresponden a cauces secundarios, canales someros, barras aluviales menores y sectores de transporte intermedio, donde la energía del flujo es insuficiente para movilizar bloques, pero sí para transportar y depositar arenas gruesas y guijarros. La ausencia de horizonte edáfico, su inestabilidad y su alta permeabilidad hacen que esta unidad represente un cuerpo superficial joven, dinámico y altamente dependiente de la variabilidad hidrológica local. En conjunto, el suelo transportado aluvial de drenajes menores constituye un depósito superficial activo, dominado por arenas gruesas y gravas dispersas, cuya composición, selección y organización reflejan la acción intermitente de flujos de energía baja a moderada dentro del sistema de drenajes secundarios del área de estudio.



**Fotografía 3.2.1-81 GEO2- Depósitos aluviales de drenajes menores.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4943990,09 N 1987907,13
Fuente: SGI S.A.S, 2025**



**Fotografía 3.2.1-82 GEO15 –Matriz de arenas medias a muy gruesas.
COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL
E 4940213,10 N 1989551,57
Fuente: SGI S.A.S, 2025**

3.2.1.3 Amenazas naturales

La identificación de la amenaza por fenómenos naturales que se consideran representativas para el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare, corresponde a: eventos sísmicos, ceráunica, procesos morfodinámicos, incendios forestales e inundación.

A continuación, se describen las amenazas naturales identificadas para el área de influencia.

3.2.1.3.1 Amenaza por eventos sísmicos

La amenaza sísmica representa la severidad y la frecuencia de los sismos que pueden ocurrir en un determinado sitio. En el caso de Colombia, la amenaza sísmica está asociada a la convergencia de placas litosféricas de Nazca, Sur América y Caribe. Para su determinación, en este capítulo se generó un análisis de sismicidad histórica, además del análisis de la intensidad observada y esperada de la sismicidad reportada por el SGC, junto con la clasificación del mapa NSR-10 para el área de influencia.

Por otro lado, el SGC realiza una clasificación sismotectónica de la sismicidad, con el objetivo de terminar las fuentes sísmicas, delimitando los diferentes ambientes tectónicos del país (Ver **Figura 3.2.1-40**). Esta clasificación distingue eventos asociados a fuentes corticales, interplaca (zona de subducción del Pacífico), intraplaca (zona de Benioff) y a la sismicidad intraplaca del nido sísmico de Bucaramanga.

Para el área de estudio, el SGC indica que la sismicidad registrada se encuentra asociada principalmente a fuentes corticales, lo cual implica que los eventos sísmicos potenciales

corresponden a fallas geológicas superficiales o someras, con profundidades relativamente bajas y magnitudes generalmente moderadas. En el contexto del proyecto, esta condición sugiere que la amenaza sísmica está controlada por la actividad tectónica local y regional de la Cordillera Oriental y su piedemonte, sin que se identifiquen aportes significativos de fuentes sísmicas profundas o de subducción que incrementen el nivel de amenaza regional.

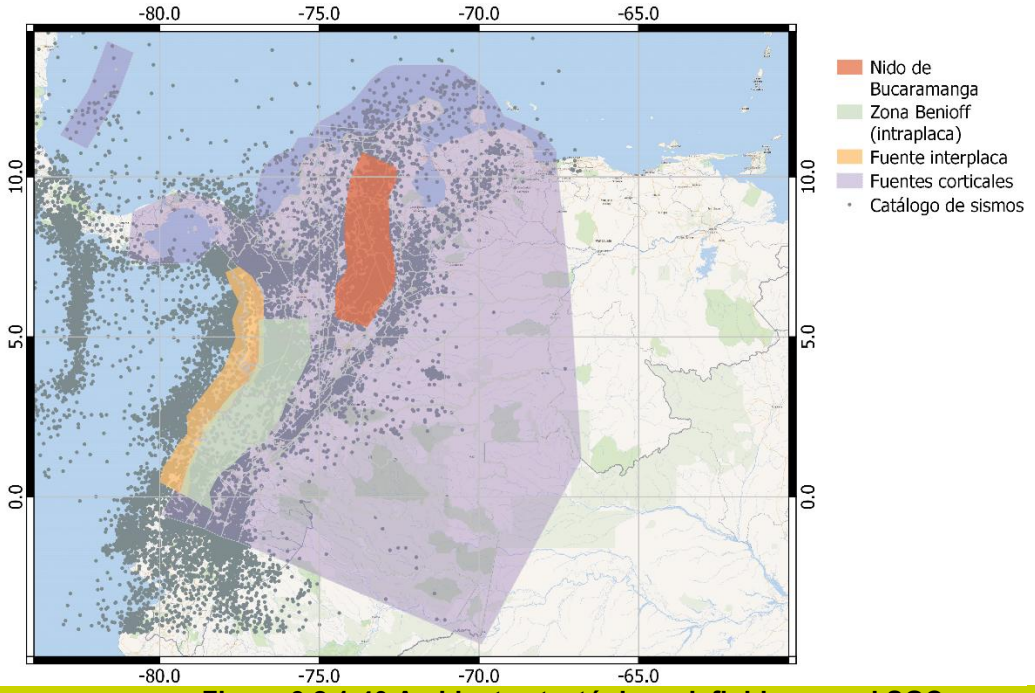


Figura 3.2.1-40 Ambientes tectónicos definidos por el SGC
Fuente: SGC (s.f.)

Seguidamente, se evalúa la amenaza sísmica del área de influencia utilizando los insumos proporcionados por el Servicio Geológico Colombiano.

3.2.1.3.1.1 Catálogo de Sismicidad Histórica

Para el análisis del histórico de sismos se emplearon exclusivamente los registros de la Red Sismológica Nacional de Colombia, obtenidos a partir del Catálogo Sísmico del SGC, para el periodo comprendido entre el 19 de julio de 1993 y el 9 de junio de 2025. La consulta incluyó los municipios de Acacías, Guamal, Castilla La Nueva, Villavicencio, San Luis de Cubarral, San Martín, San Carlos de Guaroa y Restrepo (departamento del Meta), así como Paratebueno (departamento de Cundinamarca). Se seleccionaron los eventos ocurridos dentro del área de influencia y aquellos localizados en un radio de 25 km alrededor del área de intervención; en consecuencia, para el periodo analizado no se registraron eventos con localización en el municipio de Paratebueno, Cundinamarca.

La **Tabla 3.2.1-15** y la **Figura 3.2.1-41** presentan la recopilación de los eventos sísmicos identificados.

Tabla 3.2.1-15 Sismicidad histórica para el área de influencia y una distancia de 25 km alrededor del área de intervención

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
19/07/1993	4914778,36	1999155,83	21,2	2,4	ACACIAS
16/12/1993	4920010,53	2017604,64	0	1,8	VILLAVICENCIO
23/08/1996	4932294,78	1975715,76	0,8	2,9	CASTILLA LA NUEVA
08/10/2001	4934215,89	2023117,71	109	1,9	RESTREPO
16/04/2003	4947719,64	1969297,49	0	1,7	SAN CARLOS DE GUAROA
12/10/2004	4914673,52	2005675,51	22,6	2,9	ACACIAS
27/10/2006	4917216,55	1995617,57	2,4	1,9	ACACIAS
11/05/2009	4934852,20	1982343,79	0	2,2	CASTILLA LA NUEVA
18/06/2010	4920231,23	2016278,43	13,6	2,7	VILLAVICENCIO
06/07/2010	4927110,44	2016714,46	23,2	1,9	VILLAVICENCIO
11/11/2010	4938078,08	1993280,75	31,8	2,8	CASTILLA LA NUEVA
07/01/2011	4920788,27	2018819,44	4	1,7	VILLAVICENCIO
30/01/2011	4921231,86	2018598,04	4	1,6	VILLAVICENCIO
16/03/2011	4943620,74	1983222,14	7,9	1,3	CASTILLA LA NUEVA
09/04/2011	4955721,73	1990950,26	0	2,2	SAN CARLOS DE GUAROA
19/04/2011	4928769,93	2010856,67	20	1,9	VILLAVICENCIO
21/04/2011	4931662,04	2020246,73	2,9	1,7	VILLAVICENCIO
13/07/2011	4922557,00	2011524,86	0	1,6	VILLAVICENCIO
29/07/2011	4915867,56	1976281,19	32,1	1,4	CASTILLA LA NUEVA
02/10/2011	4935314,79	2008862,72	34	1,4	VILLAVICENCIO
11/12/2011	4945071,75	1997143,67	39,1	1,8	VILLAVICENCIO
23/12/2011	4919448,84	2009980,62	39,6	1,6	VILLAVICENCIO
04/02/2012	4914113,15	1999819,47	51,7	1,3	ACACIAS
15/02/2012	4924860,22	1978594,22	28,1	2,5	CASTILLA LA NUEVA
13/06/2012	4934435,77	2020465,60	4	1,8	VILLAVICENCIO

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
24/08/2012	4911549,79	1988329,73	2,9	1,6	GUAMAL
01/10/2012	4931525,67	1986655,52	13,6	1	CASTILLA LA NUEVA
09/07/2013	4923557,51	2013733,99	4,1	2	VILLAVICENCIO
09/11/2013	4922559,90	2014839,85	3,1	1,7	VILLAVICENCIO
30/03/2014	4938294,12	1984330,42	10,7	1,6	CASTILLA LA NUEVA
12/06/2014	4921788,67	2020918,04	0,1	4,3	VILLAVICENCIO
13/08/2014	4950391,88	1985207,25	5,5	1,7	CASTILLA LA NUEVA
30/12/2014	4905238,33	2002701,35	32,2	0,9	ACACIAS
01/08/2015	4925535,16	1989975,04	0	1,5	CASTILLA LA NUEVA
20/08/2015	4938754,04	2008307,81	1,1	1,5	VILLAVICENCIO
04/09/2015	4912455,20	2006672,16	26,2	1,6	ACACIAS
28/10/2015	4918666,53	2003793,30	3,3	1,1	ACACIAS
16/11/2015	4946843,63	1990844,42	14,8	1,4	CASTILLA LA NUEVA
24/01/2016	4927862,43	1985663,78	0	1,7	CASTILLA LA NUEVA
04/02/2016	4922121,30	2020696,74	0	2,8	VILLAVICENCIO
09/06/2016	4939513,34	1981788,23	12,4	1,8	CASTILLA LA NUEVA
12/06/2016	4939069,67	1982230,49	4	1,4	CASTILLA LA NUEVA
18/06/2016	4941511,80	1982891,93	0,4	1,3	CASTILLA LA NUEVA
11/09/2016	4930081,24	1984446,64	0	1,7	CASTILLA LA NUEVA
28/09/2016	4939626,94	1985876,50	52,8	1,4	CASTILLA LA NUEVA
16/02/2017	4942178,66	1984438,46	8,1	1,2	CASTILLA LA NUEVA
21/03/2017	4920234,14	2019482,94	0	2,8	VILLAVICENCIO
17/04/2017	4928525,10	1981353,86	0	2	CASTILLA LA NUEVA
19/06/2017	4946286,47	1986866,92	2,4	1,3	CASTILLA LA NUEVA
09/08/2017	4935949,13	1962674,72	142	1,5	SAN MARTIN
24/08/2017	4926974,04	1985001,48	1,7	3,8	CASTILLA LA NUEVA

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
13/09/2017	4923426,15	1989534,75	5,2	1,6	CASTILLA LA NUEVA
25/09/2017	4926198,17	1986328,06	4,1	1,5	CASTILLA LA NUEVA
26/11/2017	4923520,87	1969202,90	0	2	SAN MARTIN
30/01/2018	4922434,64	1998265,02	0,1	1,6	ACACIAS
19/03/2018	4926556,53	2017709,41	-0,18	1,7	VILLAVICENCIO
24/03/2018	4927877,75	2005221,96	0,19	2,5	VILLAVICENCIO
15/04/2018	4940533,93	2015157,39	-0,03	1,4	VILLAVICENCIO
24/04/2018	4925416,57	1980361,76	-0,19	1,5	CASTILLA LA NUEVA
26/04/2018	4926078,70	1975388,83	0	1,8	SAN MARTIN
31/05/2018	4928642,36	1989641,11	19,49	1,7	ACACIAS
28/06/2018	4930085,19	1989750,52	-0,08	1	ACACIAS
24/07/2018	4917683,11	2020258,82	9,5	1,2	ACACIAS
24/07/2018	4910465,74	2014519,80	2,09	0,9	ACACIAS
24/07/2018	4921900,21	2021580,94	13,71	1,2	VILLAVICENCIO
24/07/2018	4922890,83	2012629,57	11,44	1	VILLAVICENCIO
25/07/2018	4908682,98	2007228,43	-1,8	0,7	ACACIAS
25/07/2018	4907132,13	2009771,60	-2	1,7	ACACIAS
26/07/2018	4920569,30	2022024,15	10,89	1,2	VILLAVICENCIO
27/07/2018	4908243,22	2011206,99	-1,43	1,6	ACACIAS
28/07/2018	4912907,06	2014848,86	9,13	1	ACACIAS
28/07/2018	4908688,76	2012864,07	28,51	1	ACACIAS
28/07/2018	4909904,36	2008000,71	1,32	0,9	ACACIAS
28/07/2018	4924998,95	2012627,76	10	1,6	VILLAVICENCIO
01/08/2018	4927417,90	1984890,64	0	1,8	CASTILLA LA NUEVA
01/08/2018	4925975,24	1985112,75	-0,95	1,3	CASTILLA LA NUEVA
06/08/2018	4918546,21	1993295,88	0,42	0,7	ACACIAS
09/08/2018	4926973,35	1984117,49	-1,47	1,1	CASTILLA LA NUEVA
17/08/2018	4928745,67	1979475,23	-1,68	0,8	CASTILLA LA NUEVA
17/08/2018	4915342,65	2009210,92	-0,14	2,4	VILLAVICENCIO

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
04/09/2018	4925196,94	1983345,39	-0,1	1,3	CASTILLA LA NUEVA
14/09/2018	4925973,43	1982792,29	-1,63	1,8	CASTILLA LA NUEVA
19/09/2018	4928863,40	1988425,47	1,52	1,2	ACACIAS
20/09/2018	4925417,96	1982129,73	-0,3	1,2	CASTILLA LA NUEVA
24/09/2018	4929749,35	1985883,35	-0,41	1,1	ACACIAS
25/09/2018	4927749,67	1983343,41	-0,01	1,3	CASTILLA LA NUEVA
05/10/2018	4926971,56	1981797,03	-0,12	1,3	CASTILLA LA NUEVA
07/10/2018	4928637,41	1983121,74	1,85	1,2	CASTILLA LA NUEVA
09/10/2018	4933176,77	1966985,91	11,79	1,4	SAN MARTIN
12/10/2018	4924973,82	1981909,09	-1,5	1,5	CASTILLA LA NUEVA
04/11/2018	4924308,05	1982130,61	0,79	1,1	CASTILLA LA NUEVA
07/11/2018	4925979,69	1990748,17	16,61	1,1	ACACIAS
12/11/2018	4926307,25	1983897,01	-1,53	1,5	CASTILLA LA NUEVA
14/11/2018	4926971,40	1981576,04	2,16	1,7	CASTILLA LA NUEVA
15/11/2018	4919655,90	1993184,41	5,18	0,6	ACACIAS
19/11/2018	4929218,44	2016712,73	-0,21	1,3	VILLAVICENCIO
26/11/2018	4927637,42	1981686,03	1,94	1,4	CASTILLA LA NUEVA
04/12/2018	4944399,98	1987199,50	8,98	1,2	ACACIAS
04/12/2018	4945176,27	1986204,59	5	1,2	ACACIAS
04/12/2018	4925862,87	1983344,87	0,06	1	CASTILLA LA NUEVA
04/12/2018	4926861,77	1983344,09	-1,2	1	CASTILLA LA NUEVA
04/12/2018	4925972,82	1982018,80	-0,19	1,4	CASTILLA LA NUEVA
24/12/2018	4914757,86	1976613,67	33,24	1,5	CUBARRAL
05/01/2019	4918900,34	2016832,16	7,23	1,3	ACACIAS
10/01/2019	4921316,65	1988542,01	1,59	1,1	CASTILLA LA NUEVA
10/01/2019	4932967,44	1985218,02	11,58	1,1	CASTILLA LA NUEVA
12/01/2019	4927636,83	1980912,54	4,24	2	CASTILLA LA NUEVA

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
14/01/2019	4931304,43	1987650,16	-0,75	1,2	ACACIAS
15/01/2019	4926530,61	1985664,81	-0,15	1	CASTILLA LA NUEVA
08/02/2019	4926751,63	1984449,16	2,2	1	CASTILLA LA NUEVA
12/02/2019	4936299,46	1988862,10	0,11	1,5	ACACIAS
12/02/2019	4923977,12	1984672,35	16,6	0,6	CASTILLA LA NUEVA
13/02/2019	4917999,73	2002688,90	-0,47	2,9	ACACIAS
06/03/2019	4924754,83	1985666,21	2,56	1,1	CASTILLA LA NUEVA
08/04/2019	4928194,47	1984448,05	14,57	1,4	CASTILLA LA NUEVA
13/04/2019	4921417,57	1976387,00	20,08	1,8	SAN MARTIN
18/05/2019	4931857,03	1984445,34	3,68	1,5	CASTILLA LA NUEVA
09/06/2019	4944508,75	1983442,61	5,06	1,3	ACACIAS
14/06/2019	4933520,27	1982234,22	0,01	1,6	CASTILLA LA NUEVA
20/06/2019	4928076,57	1975276,82	0,23	1,7	SAN MARTIN
21/06/2019	4926413,72	1978040,53	-0,57	1,1	CASTILLA LA NUEVA
30/06/2019	4928743,46	1976491,80	-0,45	0,9	CASTILLA LA NUEVA
30/06/2019	4953499,82	1986089,62	-0,59	1,4	SAN CARLOS DE GUAROA
07/07/2019	4930187,85	1978479,69	11,54	1,6	CASTILLA LA NUEVA
09/07/2019	4945198,42	2022668,08	21,85	1,4	RESTREPO
14/07/2019	4927409,01	1973177,86	-0,41	1,1	SAN MARTIN
17/07/2019	4931975,01	1994058,52	-0,01	1,2	ACACIAS
10/08/2019	4915016,34	2016062,32	1,03	1,2	ACACIAS
11/08/2019	4912205,88	1977720,97	47,85	1,6	CUBARRAL
12/08/2019	4941069,37	1985323,11	3,43	1,7	ACACIAS
23/08/2019	4912550,32	1990096,81	36,68	1,4	GUAMAL
28/08/2019	4942953,43	1980902,14	7,11	2	CASTILLA LA NUEVA
28/08/2019	4926632,93	1974393,92	3,67	1,1	SAN MARTIN
31/08/2019	4937096,77	2018253,69	6,11	2,2	VILLAVICENCIO
21/09/2019	4927410,09	1974614,33	10,44	1,7	SAN MARTIN
26/09/2019	4906786,37	1997285,09	0	1,7	ACACIAS

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
26/09/2019	4927081,96	1981023,46	14,63	1,2	CASTILLA LA NUEVA
26/09/2019	4926525,73	1979366,42	8,28	1,3	CASTILLA LA NUEVA
24/10/2019	4916557,87	2003463,72	0	1,4	ACACIAS
24/10/2019	4930084,45	1988756,04	14,5	0,8	ACACIAS
22/11/2019	4928209,32	2003564,22	47,25	1,2	VILLAVICENCIO
29/11/2019	4923209,50	1995943,88	19	1	ACACIAS
10/12/2019	4927641,40	1986879,43	-0,28	1,3	ACACIAS
16/12/2019	4957606,85	1987745,08	8,73	1,4	SAN CARLOS DE GUAROA
22/12/2019	4942182,96	1991399,67	9	1	ACACIAS
24/12/2019	4921784,32	2016056,04	3,79	1,8	VILLAVICENCIO
29/12/2019	4929305,16	1985552,19	1,74	1,1	CASTILLA LA NUEVA
01/01/2020	4931640,86	1992401,31	-1,7	0,7	ACACIAS
08/01/2020	4932649,27	2005439,26	30,65	1,4	VILLAVICENCIO
14/01/2020	4932414,90	1988533,33	-0,5	1,2	ACACIAS
03/02/2020	4923308,78	1981689,42	11,77	1,1	CASTILLA LA NUEVA
28/02/2020	4912441,10	1991975,44	38,13	1,4	GUAMAL
01/03/2020	4928745,59	1979364,74	-1,68	1,9	CASTILLA LA NUEVA
10/03/2020	4932075,44	1979472,81	12,81	1,4	CASTILLA LA NUEVA
29/03/2020	4929412,53	1980690,21	3,77	1,5	CASTILLA LA NUEVA
02/04/2020	4931085,81	1992180,72	-0,5	0,9	ACACIAS
04/04/2020	4928969,22	1981574,52	0,32	1,3	CASTILLA LA NUEVA
11/04/2020	4929969,11	1982899,75	1,36	1,6	CASTILLA LA NUEVA
14/04/2020	4920434,18	1994841,24	38,93	1,3	ACACIAS
22/04/2020	4923861,01	1978263,51	-0,04	1,5	CASTILLA LA NUEVA
24/04/2020	4934972,34	1995492,82	0	1,2	ACACIAS
26/04/2020	4928859,89	1983784,56	0,93	1,5	CASTILLA LA NUEVA
28/04/2020	4926974,29	1985332,97	6,58	1,4	CASTILLA LA NUEVA
25/05/2020	4922893,63	2015834,06	10,09	1,1	VILLAVICENCIO

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
10/06/2020	4930864,68	1993285,86	-0,38	1,1	ACACIAS
17/06/2020	4927203,16	1994172,66	26,15	1,6	ACACIAS
27/06/2020	4932970,04	1988864,43	1,4	1,6	ACACIAS
04/07/2020	4919646,34	1982023,94	0,22	1,2	CASTILLA LA NUEVA
14/07/2020	4931530,29	1992953,87	0,45	1,3	ACACIAS
21/07/2020	4926312,90	1991079,40	10	0,9	ACACIAS
21/07/2020	4927082,05	1981133,96	0,45	1,5	CASTILLA LA NUEVA
07/08/2020	4921863,63	1978928,12	4,04	1	CASTILLA LA NUEVA
13/08/2020	4924975,13	1983566,56	-0,45	1,1	CASTILLA LA NUEVA
13/08/2020	4920089,66	1981250,07	-0,12	1	CASTILLA LA NUEVA
14/08/2020	4910132,88	2014520,14	0,51	4,2	ACACIAS
14/08/2020	4918459,21	2019705,59	20	1,1	ACACIAS
14/08/2020	4913463,46	2016505,84	9,91	1,1	ACACIAS
30/08/2020	4920788,77	2019371,94	-0,86	1,4	ACACIAS
30/08/2020	4929191,94	1982568,84	1,87	1,7	CASTILLA LA NUEVA
11/09/2020	4919093,36	1984344,91	-0,1	1,1	CASTILLA LA NUEVA
14/09/2020	4936850,87	1983668,39	6,56	1,1	CASTILLA LA NUEVA
24/09/2020	4927969,47	1980470,30	-1,08	1,6	CASTILLA LA NUEVA
28/09/2020	4919230,35	2013737,83	2,92	1,7	VILLAVICENCIO
05/10/2020	4930082,14	1985662,11	24,41	1,9	ACACIAS
05/10/2020	4938078,89	1994496,21	25,54	1,5	ACACIAS
10/10/2020	4927528,71	1984669,56	20,66	1,5	CASTILLA LA NUEVA
19/10/2020	4933306,79	1994168,05	26,64	1,2	ACACIAS
26/10/2020	4928534,87	1994171,62	25,23	1,5	ACACIAS
01/11/2020	4921435,61	1997934,37	0,89	1,4	ACACIAS
22/11/2020	4919092,13	1982908,41	11,64	1,6	CASTILLA LA NUEVA
26/11/2020	4929192,85	1983784,31	7,07	1,9	CASTILLA LA NUEVA
13/12/2020	4938739,36	1986319,06	3,21	1,3	ACACIAS
01/01/2021	4943626,12	1992172,25	7,96	1,3	ACACIAS

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
12/01/2021	4923419,15	1980915,84	13,4	1,6	CASTILLA LA NUEVA
16/01/2021	4908219,66	1987780,42	0,02	1	GUAMAL
23/01/2021	4924865,20	1984892,64	13,87	1,9	CASTILLA LA NUEVA
11/02/2021	4927304,28	1981465,28	15,98	1,7	CASTILLA LA NUEVA
14/02/2021	4945289,44	1989961,36	8,5	1,5	ACACIAS
03/03/2021	4937209,94	2021347,53	20,61	3,2	RESTREPO
12/03/2021	4922780,55	2013403,16	4,05	1,3	VILLAVICENCIO
15/04/2021	4925868,71	1990748,26	16,68	1,8	ACACIAS
19/04/2021	4945843,69	1988856,08	6,39	1,3	ACACIAS
23/04/2021	4925861,40	1981466,40	15,98	1,6	CASTILLA LA NUEVA
30/04/2021	4926859,81	1980802,64	16,09	1,7	CASTILLA LA NUEVA
23/06/2021	4921897,04	2018044,94	12,11	1,7	VILLAVICENCIO
06/07/2021	4928293,93	1968978,29	0	1,7	SAN MARTIN
16/07/2021	4926304,43	1980250,57	15,27	1,7	CASTILLA LA NUEVA
28/07/2021	4926652,34	1999256,02	24,3	1,6	ACACIAS
07/08/2021	4939409,70	1993169,38	25,23	1,8	ACACIAS
04/10/2021	4921089,14	1981912,23	18,09	1,4	CASTILLA LA NUEVA
24/10/2021	4926969,45	1979034,58	13,16	1,9	CASTILLA LA NUEVA
04/11/2021	4924872,58	1994064,02	19,96	1,6	ACACIAS
16/11/2021	4921215,86	2000476,05	22,66	1,4	ACACIAS
20/11/2021	4931414,37	1986213,62	22,42	1,5	ACACIAS
31/12/2021	4925640,11	1982350,56	10,82	1,5	CASTILLA LA NUEVA
08/01/2022	4922532,74	1982795,04	15,51	1,5	CASTILLA LA NUEVA
17/01/2022	4929637,13	1984225,97	21,13	1,3	CASTILLA LA NUEVA
21/01/2022	4912004,26	1999379,47	44,54	1,5	ACACIAS
25/01/2022	4928195,90	1986326,52	13,4	1,5	ACACIAS
14/02/2022	4911461,13	2011314,23	19,49	1,2	ACACIAS
22/02/2022	4924529,77	1981798,94	9,94	1,6	CASTILLA LA NUEVA
03/03/2022	4922088,24	1982132,41	11,29	1,5	CASTILLA LA NUEVA

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
16/03/2022	4931522,07	1981683,15	25,59	1,5	CASTILLA LA NUEVA
03/04/2022	4926553,95	2014615,44	24,65	1,3	VILLAVICENCIO
24/04/2022	4928632,30	1976270,89	0,98	1,8	CASTILLA LA NUEVA
28/04/2022	4933989,25	2016819,51	35,72	2,9	VILLAVICENCIO
15/05/2022	4927749,25	1982790,92	11,76	1,5	CASTILLA LA NUEVA
23/05/2022	4928524,85	1981022,37	14,45	1,9	CASTILLA LA NUEVA
28/06/2022	4924195,92	1980694,22	11,29	1,4	CASTILLA LA NUEVA
11/07/2022	4926306,39	1982792,03	6,13	1	CASTILLA LA NUEVA
30/07/2022	4922865,98	1983126,26	13,69	1,5	CASTILLA LA NUEVA
03/08/2022	4927308,53	1986990,19	7,01	1,6	ACACIAS
04/08/2022	4925641,24	1983787,04	8,89	1,6	CASTILLA LA NUEVA
25/08/2022	4924867,67	1987986,60	-1,84	0,9	ACACIAS
08/09/2022	4926527,77	1982018,37	11,7	1,7	CASTILLA LA NUEVA
28/09/2022	4929197,43	1989861,69	16,91	1,2	ACACIAS
02/10/2022	4925416,66	1980472,26	9,88	1,9	CASTILLA LA NUEVA
09/11/2022	4926524,04	1977156,46	10,59	1,4	CASTILLA LA NUEVA
11/11/2022	4915013,47	2013078,78	12,64	2,3	ACACIAS
28/11/2022	4923753,10	1982131,06	10,12	1,1	CASTILLA LA NUEVA
04/12/2022	4926523,53	1976493,47	13,16	1	CASTILLA LA NUEVA
07/12/2022	4916205,78	1982247,91	19,79	0,9	GUAMAL
11/12/2022	4920457,55	2021140,25	11,11	2,1	VILLAVICENCIO
05/01/2023	4931966,03	1981682,83	19,49	1,6	CASTILLA LA NUEVA
05/01/2023	4924557,40	2015280,12	6,78	1,3	VILLAVICENCIO
11/01/2023	4910560,20	1997944,34	24,77	1,2	ACACIAS
12/01/2023	4927292,76	1966106,09	18,96	2,9	SAN MARTIN
16/01/2023	4918224,87	2006224,71	44,1	1,7	VILLAVICENCIO
21/01/2023	4918538,13	1984013,88	15,04	1,3	CASTILLA LA NUEVA

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
23/01/2023	4922311,58	1983789,71	12,23	1,1	CASTILLA LA NUEVA
03/02/2023	4916982,82	1982357,73	11,37	1,1	GUAMAL
05/02/2023	4928080,22	1980138,72	13,05	1,1	CASTILLA LA NUEVA
05/02/2023	4926747,46	1979034,75	13,16	1,6	CASTILLA LA NUEVA
25/02/2023	4929631,51	1976601,64	0,92	0,9	CASTILLA LA NUEVA
01/03/2023	4926527,35	1981465,88	15,98	1	CASTILLA LA NUEVA
11/03/2023	4913986,94	1983354,91	12,05	0,9	GUAMAL
19/03/2023	4925640,46	1982792,55	-0,64	1,3	CASTILLA LA NUEVA
21/03/2023	4926967,85	1976935,12	4,96	1,1	CASTILLA LA NUEVA
30/03/2023	4924085,81	1981799,29	14,98	1,7	CASTILLA LA NUEVA
04/04/2023	4909465,34	2012752,77	15,04	1	ACACIAS
07/04/2023	4924863,71	1983014,16	9,82	1,5	CASTILLA LA NUEVA
09/04/2023	4923198,86	1983015,49	9,94	1,4	CASTILLA LA NUEVA
09/05/2023	4921986,44	1993182,42	8,36	1,2	ACACIAS
09/05/2023	4921423,76	1983900,94	10,23	1,4	CASTILLA LA NUEVA
10/05/2023	4923974,73	1981688,88	15,98	1,5	CASTILLA LA NUEVA
10/05/2023	4927973,76	1986105,69	12,93	0,8	CASTILLA LA NUEVA
17/05/2023	4925859,77	1979366,93	11,35	2	CASTILLA LA NUEVA
19/05/2023	4927079,27	1977487,53	4,08	1	CASTILLA LA NUEVA
22/05/2023	4906243,39	2008778,00	15,98	1	ACACIAS
08/06/2023	4920564,87	2017162,13	10,41	1,2	ACACIAS
24/06/2023	4924861,35	1980030,70	12,46	1,6	CASTILLA LA NUEVA
16/07/2023	4935740,26	1982564,18	2,38	1,2	CASTILLA LA NUEVA
19/07/2023	4927412,42	1977708,27	0,92	1	CASTILLA LA NUEVA
28/07/2023	4917429,39	1985340,85	18,38	0,8	GUAMAL
29/07/2023	4924640,33	1981246,36	5,02	0,8	CASTILLA LA NUEVA
04/08/2023	4931629,90	1977263,19	1,5	1,2	CASTILLA LA NUEVA

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
04/08/2023	4917762,94	1986003,56	21,07	1,1	GUAMAL
17/08/2023	4925194,16	1979809,44	6,31	1	CASTILLA LA NUEVA
19/08/2023	4917901,17	2016170,08	13,46	1,1	ACACIAS
19/08/2023	4929995,34	2017043,60	21,48	1,3	VILLAVICENCIO
31/08/2023	4910657,92	1984131,50	19,43	0,8	GUAMAL
01/09/2023	4921866,08	1981911,59	14,63	1,3	CASTILLA LA NUEVA
02/09/2023	4929411,14	1978811,76	0,92	0,9	CASTILLA LA NUEVA
02/09/2023	4922308,33	1979811,75	15,98	0,9	CASTILLA LA NUEVA
07/09/2023	4908123,54	2002698,38	17,62	1	ACACIAS
17/10/2023	4932538,80	2006102,33	22,01	1,2	VILLAVICENCIO
22/10/2023	4927965,41	1975055,91	4,02	1,3	SAN MARTIN
09/11/2023	4922200,86	1984121,30	14,86	1,6	CASTILLA LA NUEVA
13/11/2023	4916572,71	2019265,36	5,28	1,3	ACACIAS
15/11/2023	4916794,39	2019044,15	6,57	1,8	ACACIAS
16/11/2023	4915573,76	2018824,32	8,51	1,8	ACACIAS
08/12/2023	4915906,81	2019045,00	7,07	1,7	ACACIAS
10/12/2023	4915985,76	1984458,12	14,28	1,3	GUAMAL
11/12/2023	4921199,21	1980807,15	18,26	0,8	CASTILLA LA NUEVA
01/01/2024	4919092,70	1983571,41	12,05	1,1	CASTILLA LA NUEVA
03/01/2024	4925418,57	1982903,22	14,28	1,5	CASTILLA LA NUEVA
13/01/2024	4920194,59	1973957,02	28,63	1,2	SAN MARTIN
16/01/2024	4920763,42	1990531,47	9,47	1	CASTILLA LA NUEVA
20/01/2024	4926526,58	1980471,40	13,87	1,1	CASTILLA LA NUEVA
16/02/2024	4926638,25	1981355,30	15,57	1,5	CASTILLA LA NUEVA
17/02/2024	4925116,68	2020583,61	12,29	1	VILLAVICENCIO
20/02/2024	4914791,77	2013300,00	23,56	2,7	ACACIAS
20/02/2024	4924868,20	1988649,59	7,77	1	ACACIAS
20/02/2024	4929748,28	1984446,88	8,78	1	CASTILLA LA NUEVA

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
22/02/2024	4923198,42	1982463,00	16,62	1,2	CASTILLA LA NUEVA
23/02/2024	4918868,93	1981472,10	18,96	1	CASTILLA LA NUEVA
15/03/2024	4923195,57	1978927,04	-2,01	0,8	CASTILLA LA NUEVA
25/03/2024	4921532,74	1981469,87	15,98	1,5	CASTILLA LA NUEVA
31/03/2024	4910103,06	1984242,53	25,23	1	GUAMAL
01/04/2024	4938309,08	2006650,67	27,99	1,1	VILLAVICENCIO
08/04/2024	4911016,63	2010651,65	23,07	2,5	ACACIAS
07/05/2024	4926970,55	1980471,06	10,12	1,7	CASTILLA LA NUEVA
08/05/2024	4913431,27	1982581,91	22,24	1,5	GUAMAL
09/05/2024	4919869,44	1983349,75	10,41	1,5	CASTILLA LA NUEVA
12/05/2024	4927857,23	1978812,91	10,06	1,4	CASTILLA LA NUEVA
15/05/2024	4923528,82	1979258,27	15,27	1,8	CASTILLA LA NUEVA
23/05/2024	4933630,87	1981681,65	0,06	1,1	CASTILLA LA NUEVA
28/05/2024	4915317,75	1982138,20	9,5	1,1	GUAMAL
31/05/2024	4921975,62	1980143,52	10,23	1,9	CASTILLA LA NUEVA
02/06/2024	4928636,33	1981685,27	8,95	1,1	CASTILLA LA NUEVA
03/06/2024	4928747,99	1982569,17	11,58	1,1	CASTILLA LA NUEVA
03/06/2024	4925417,18	1981135,25	-0,32	0,9	CASTILLA LA NUEVA
06/06/2024	4925197,29	1983787,39	16,86	1,4	CASTILLA LA NUEVA
07/06/2024	4941204,75	2022781,19	24,88	1,7	RESTREPO
14/06/2024	4918217,99	1998600,19	16,97	2,2	ACACIAS
17/06/2024	4918427,91	1984897,98	18,38	1,4	GUAMAL
02/07/2024	4924973,56	1981577,59	1,04	1	CASTILLA LA NUEVA
24/07/2024	4923199,13	1983346,99	4,25	1,4	CASTILLA LA NUEVA
25/07/2024	4925415,02	1978372,79	14,57	1	CASTILLA LA NUEVA
07/08/2024	4921756,45	1983569,17	17,68	1	CASTILLA LA NUEVA
13/08/2024	4916873,38	1984125,83	10,06	1,2	GUAMAL

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
14/08/2024	4910992,14	1985457,21	19,67	1,4	GUAMAL
19/08/2024	4911552,52	1991202,77	12,05	1	GUAMAL
27/08/2024	4913098,80	1983134,72	18	1	GUAMAL
18/09/2024	4930989,63	2011628,41	39,79	1	VILLAVICENCIO
21/09/2024	4916016,59	2017829,38	27,29	2,6	ACACIAS
26/09/2024	4916791,98	2016502,62	11,46	1,7	ACACIAS
30/09/2024	4920200,83	1981470,98	13,87	1,6	CASTILLA LA NUEVA
05/10/2024	4920644,43	1981028,61	17,09	1,4	CASTILLA LA NUEVA
16/10/2024	4923196,54	1980142,53	12,75	1,8	CASTILLA LA NUEVA
16/10/2024	4915762,01	1982469,31	15,86	1	GUAMAL
23/10/2024	4911767,62	1983909,46	20,93	0,8	GUAMAL
05/11/2024	4928412,69	1979475,48	6,78	1,4	CASTILLA LA NUEVA
09/11/2024	4912113,00	1997058,83	13,16	1,5	ACACIAS
19/11/2024	4924863,18	1982351,17	12,46	1,5	CASTILLA LA NUEVA
26/11/2024	4924752,10	1982240,76	12,17	1,8	CASTILLA LA NUEVA
28/11/2024	4916018,19	2019486,90	9,94	0,9	ACACIAS
17/12/2024	4913428,06	1979045,88	39,08	1,5	CUBARRAL
05/01/2025	4928969,06	1981353,53	0	0,9	CASTILLA LA NUEVA
09/01/2025	4914207,22	1981476,19	16,75	1,1	GUAMAL
11/01/2025	4929535,67	1996822,80	13,93	1,2	ACACIAS
11/01/2025	4927859,65	1982017,35	13,34	1,3	CASTILLA LA NUEVA
20/01/2025	4910325,26	1984463,32	18,15	1	GUAMAL
28/01/2025	4913653,26	1982581,70	25,64	1	GUAMAL
05/02/2025	4943090,83	2023000,93	16,68	1	RESTREPO
11/02/2025	4921758,10	1985558,16	10,18	1,7	CASTILLA LA NUEVA
19/02/2025	4911440,48	1990097,86	8,48	1	GUAMAL
23/02/2025	4922973,85	1979258,71	8,71	1,3	CASTILLA LA NUEVA
08/03/2025	4910909,11	2014077,34	10,06	1,6	ACACIAS
12/03/2025	4922544,21	1996607,43	17,62	1,4	ACACIAS
30/04/2025	4912349,55	2012086,86	11,29	2,6	ACACIAS

FECHA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		PROFUNDIDAD	MAGNITUD	MUNICIPIO
	ESTE (m)	NORTE (m)			
01/06/2025	4924527,06	1978373,49	2	1,4	CASTILLA LA NUEVA
08/06/2025	4922087,70	1981469,41	12,46	2	CASTILLA LA NUEVA
09/06/2025	4938639,02	2002341,08	32,7	1,8	VILLAVICENCIO

Fuente: SGI SAS, 2025

A partir de los eventos sísmicos recopilados, se reportan 364 sismos en 31 años, como se muestra en la **Figura 3.2.1-41**. Sin embargo, dentro del área de influencia del proyecto, se encuentran únicamente 29 eventos sísmicos registrados.

Con base en el catálogo sísmico del SGC para el periodo analizado, los eventos registrados en el área de influencia y en el radio de 25 km presentan una magnitud promedio de 1,46 y una profundidad promedio de 11,4 km, lo que evidencia una sismicidad predominantemente de baja magnitud y profundidades someras a intermedias, consistente con el control por fuentes corticales. Para el Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare, esto indica que la energía sísmica histórica registrada es baja.

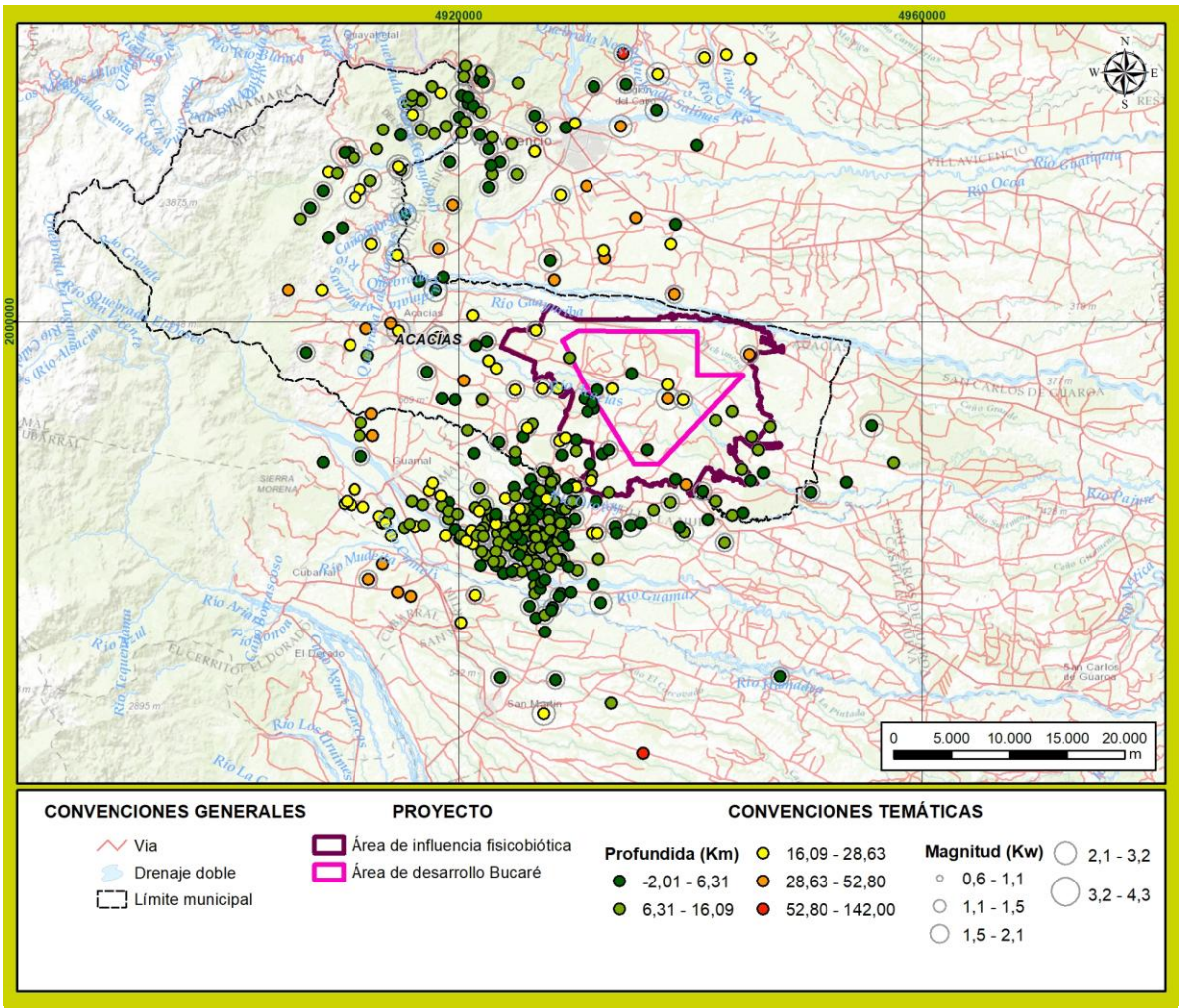


Figura 3.2.1-41 Magnitud y profundidad de los sismos registrados en el área de influencia y a una distancia de 25 km de su área de intervención.
Fuente: SGC (2025) adaptado por SGI S.A.S.(2025)

De acuerdo con la **Tabla 3.2.1-16,** la magnitud modal de los eventos sísmicos registrados se encuentra en el rango 1,0–1,9, y más del 98% de los sismos presentaron magnitudes inferiores a 3, lo cual indica una actividad sísmica predominantemente baja en intensidad. No obstante, se registraron cuatro eventos con magnitudes superiores a 3, localizados en los municipios de Acacías, Villavicencio, Castilla La Nueva y Restrepo.

Tabla 3.2.1-16 Distribución frecuencial de los sismos en función de su magnitud.

MAGNITUD	CANTIDAD DE SISMOS	
	No. de Sismos	Porcentaje (%)
<1	29	7,97%
1-1,9	301	82,69%
2- 2,9	30	8,24%
3 -3,9	2	0,55%
4- 4,9	2	0,55%
TOTAL	364	100,00%

Fuente: SGI SAS, 2025

La **Figura 3.2.1-42** respalda esta distribución, mostrando una mayor concentración de eventos en los municipios de Acacías y Castilla La Nueva. Además, se confirma que la mayoría de los sismos reportados en todos los municipios presentan magnitudes menores a 3, predominando los que se ubican en el rango 1,0–1,9.

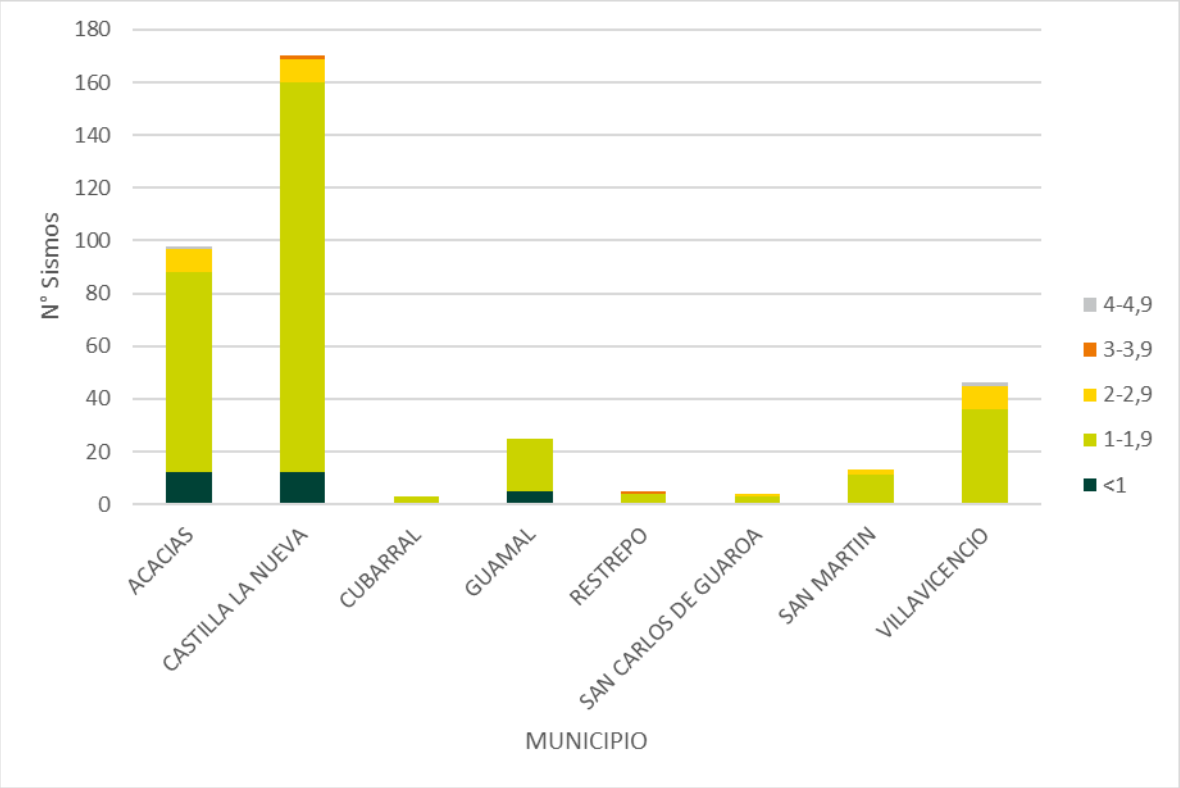


Figura 3.2.1-42 Distribución del número de sismos ocurridos en función del municipio según su rango de magnitud.
Fuente: SGC (2025) adaptado por SGI S.A.S. (2025)

Finalmente, en la **Figura 3.2.1-43** presenta la evolución temporal del número de sismos según su magnitud. En ella se evidencia un incremento repentino en la frecuencia de eventos entre los años 2017 y 2018, atribuible a un mayor esfuerzo de monitoreo. Por otro lado, posterior al año 2018, tras una disminución en 2021, se observa una tendencia creciente a partir del año 2022.

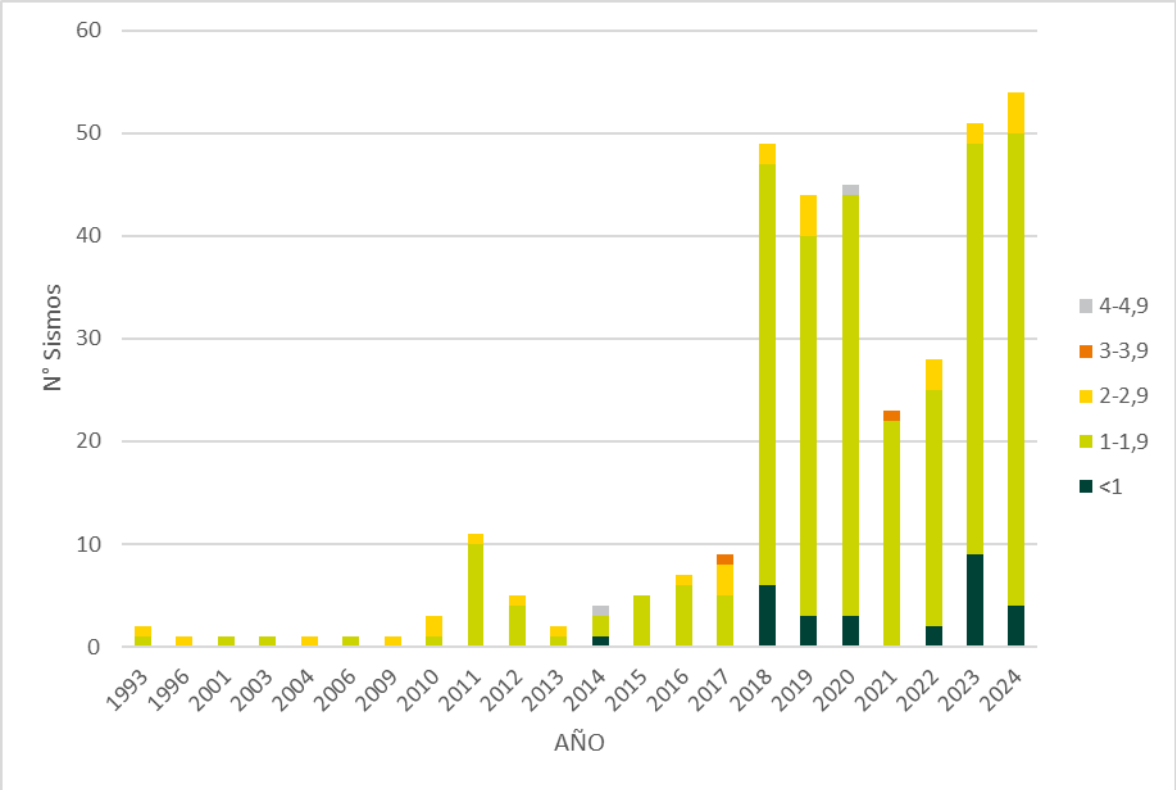


Figura 3.2.1-43 Distribución del número de sismos ocurridos en función de los años según su rango de magnitud.
Fuente: SGC (2025) adaptado por SGI S.A.S. (2025)

3.2.1.3.1.2 Intensidad Sísmica Esperada

La intensidad sísmica esperada es un componente clave en el análisis de la amenaza sísmica, ya que se refiere al nivel de efectos y daños que un terremoto puede causar en una zona específica. Esta se determina en función de la magnitud del sismo, la distancia al epicentro, las características geológicas locales y las condiciones estructurales de las edificaciones.

La clasificación de la intensidad sísmica esperada, obtenida a partir del Mapa de Intensidad Sísmica Esperada del SGC y basada en el parámetro Vs30, indica que en el área de influencia podrían presentarse intensidades sísmicas clasificadas como muy fuertes a severas, predominando esta última (ver **Figura 3.2.1-44**). Para el proyecto, esta condición implica que, ante la ocurrencia de un sismo significativo, podrían generarse aceleraciones del terreno capaces de producir daños moderados a severos en estructuras, así como afectaciones a elementos superficiales y estabilidad de taludes. En consecuencia, el desarrollo del proyecto debe considerar esta condición en el diseño geotécnico y estructural, incorporando los parámetros de sitio derivados del Vs30, la zonificación sísmica aplicable y los requisitos establecidos en la normativa sismorresistente vigente, de manera que las obras proyectadas mantengan un desempeño adecuado frente a escenarios sísmicos compatibles con el contexto regional.

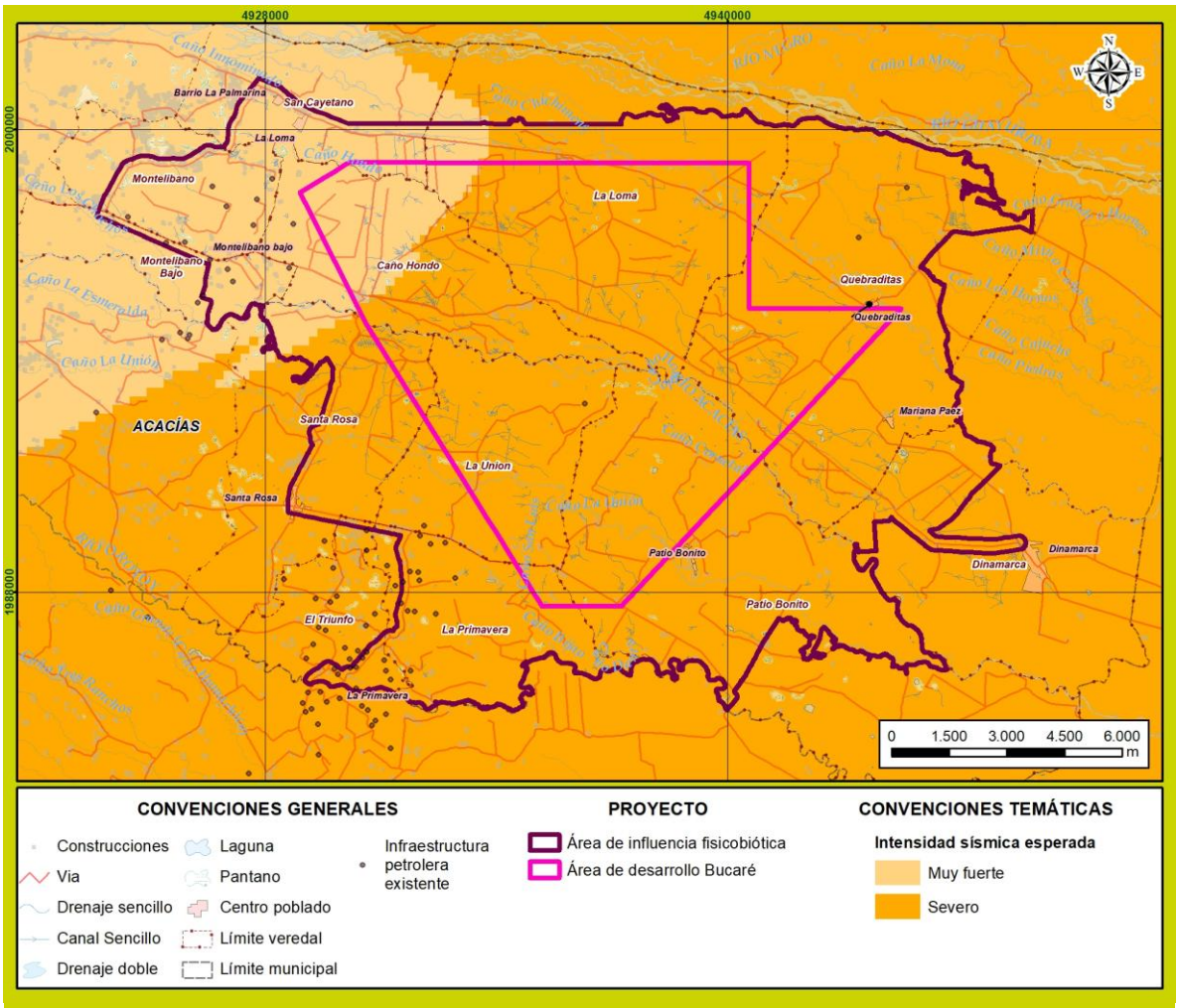


Figura 3.2.1-44 Mapa de Intensidad Sísmica Esperada en el área de influencia. Fuente: SGC (2025)

3.2.1.3.1.3 Zonas de Amenaza NSR-10

Las Zonas de Amenaza (NSR-10) muestran la zonificación y parámetros para el diseño sismo resistente según el Reglamento NSR-10. A partir de la información consignada en la NSR-2010 se aprecia que el área de influencia se ubica dentro de una franja definida como de AMENAZA ALTA con una aceleración máxima de Aa = 0,30 (aceleración horizontal pico efectiva) y una velocidad máxima de Av= 0,30 (velocidad horizontal pico efectiva) (ver **Tabla 3.2.1-17** y **Figura 3.2.1-45**).

Tabla 3.2.1-17 Valores de aceleración pico (Aa) y velocidad pico (Av) – Definición de la zona de amenaza sísmica área aferente al municipio de Acacías (Departamento del Meta).

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CÓDIGO MUNICIPIO	A_A	A_V	ZONA DE AMENAZA SÍSMICA
META	ACACÍAS	**50006**	0,30	0,30	**ALTA**

Fuente: SGI SAS, 2025

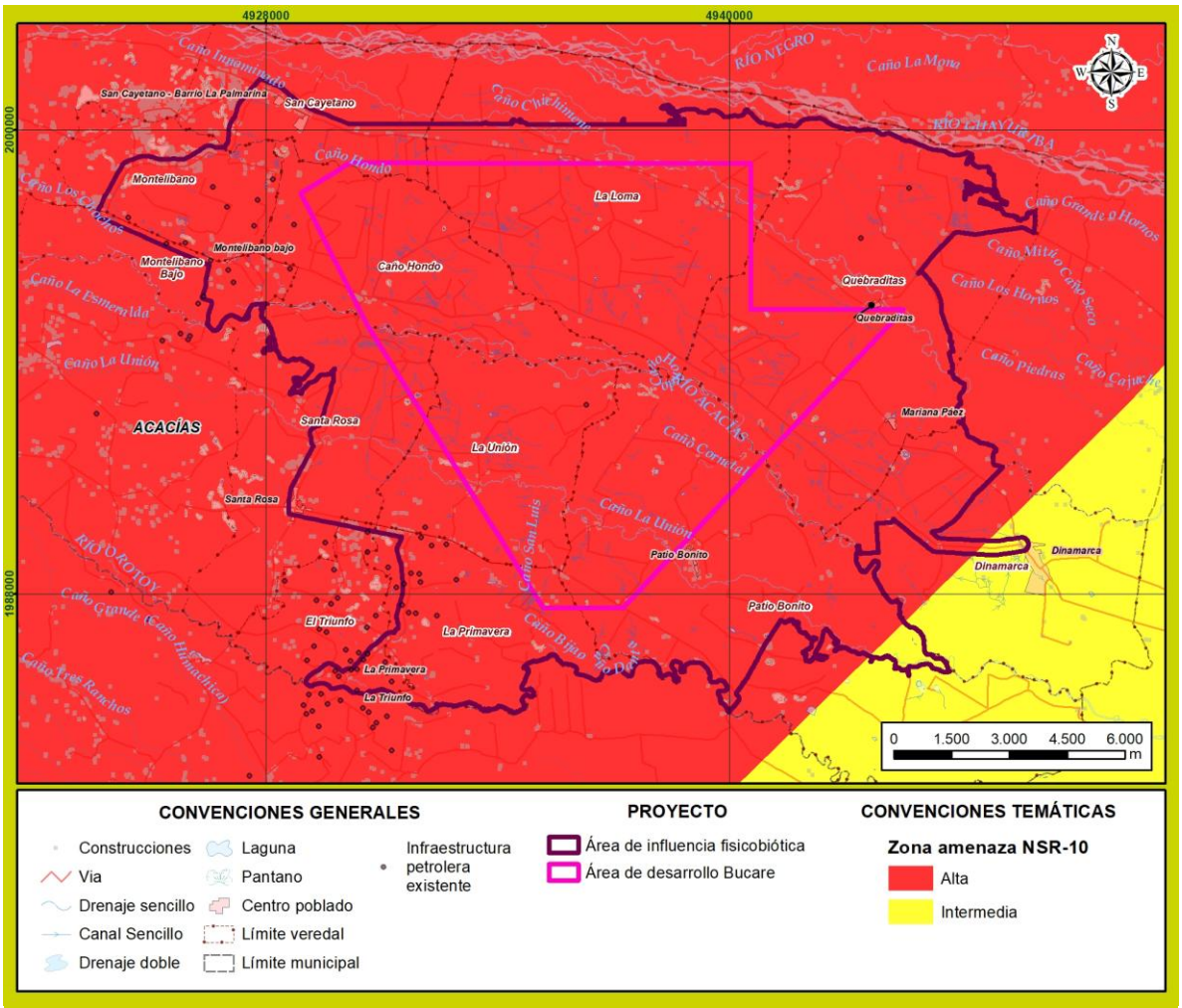


Figura 3.2.1-45 Zona de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av en el área de influencia.
Fuente: SGC (2025)

3.2.1.3.1.4 Análisis de la amenaza sísmica

El análisis de la amenaza sísmica para el Estudio de Impacto Ambiental del Área de Desarrollo Bucaré se basó en el estudio del registro histórico de eventos sísmicos reportados por la Red Sismológica Nacional (SGC). Se recopilaron un total de 364 sismos en un radio de 25 km alrededor del área de intervención, con predominancia de magnitudes menores a 3 (con una magnitud modal entre 1,0 y 1,9), lo que indica que la actividad sísmica en la zona es baja en intensidad.

A pesar de estos registros de baja magnitud, es necesario resaltar que los parámetros geotécnicos y normativos alertan sobre el escenario de amenaza sísmica. Este escenario se define por varios factores: la zonificación sísmica del área y las intensidades sísmicas esperadas para la zona. En la **Figura 3.2.1-44**, se muestra que el área de influencia presenta intensidades sísmicas esperadas que varían entre muy fuertes y severas, con predominancia de la categoría severa. Este tipo de intensidades sugiere una alta capacidad de amplificación del movimiento sísmico en el subsuelo debido a las características del área.

Adicionalmente, el área de influencia se encuentra dentro de una zona de amenaza sísmica alta según la zonificación del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), lo que implica que las estructuras de la zona deben diseñarse con altos estándares sismorresistentes.

Por lo tanto, a pesar de que el análisis histórico de sismos muestra una actividad sísmica baja en magnitud, la combinación de la zonificación oficial y los parámetros geotécnicos del terreno establece una condición de **alta** amenaza sísmica para el área de influencia.

3.2.1.3.2 Amenaza ceráunica

Las tormentas eléctricas se forman a partir de la combinación de condiciones meteorológicas locales a través de procesos físicos que incluyen variaciones en temperatura, presión, humedad, precipitación y otros factores que generan inestabilidad atmosférica.

Estas tormentas se clasifican en dos tipos principales: las de origen convectivo o térmico, que se desarrollan debido a cambios en la temperatura, humedad y presión en la superficie terrestre causados por la exposición directa de la tierra a los rayos solares; y las tormentas de origen ciclónico frontal, que se producen por la interacción de frentes fríos, cálidos, estacionarios u ocluidos, donde hay una marcada discontinuidad en temperatura y densidad que favorece la formación y movimiento de nubes de tormenta.

En el análisis de riesgo y la identificación de la amenaza isoceráunica para el Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare, se consideró el tipo de descarga a tierra, ya que representa un mayor riesgo para las operaciones al aire libre y la infraestructura física. Para este análisis, se utilizó como referencia la Norma Técnica Colombiana NTC 4552-1, que evalúa los niveles ceráunicos y la densidad de rayos a tierra, de acuerdo con el mapa de Isoniveles Ceráunicos de Colombia de 1999.

De igual forma, se realizó una búsqueda y análisis de información secundaria enfocada en cartografía, catálogos y memorias técnicas, con relación al área de estudio. Las fuentes consultadas se describen en la **Tabla 3.2.1-18**.

Tabla 3.2.1-18 Información secundaria recopilada para amenaza ceráunica

NOMBRE	ENTIDAD	AÑO
Evaluación de riesgo por impacto de descargas eléctricas, Norma Técnica Colombiana - NTC 4552-21	ICONTEC	2008
Evaluación del Riesgo por rayos incluyendo un Sistema de Alarma de Tormentas (SAT) en Colombia, Carlos Alberto Cruz Mosquera, Universidad Nacional de Colombia.	Universidad Nacional de Colombia	2015
Emergencias UNGRD (dataset de datos abiertos). Portal Datos Colombia.	UNGRD	2025

Fuente: SGI SAS, 2025

3.2.1.3.2.1 Análisis de la información

El nivel ceráunico – NC, está dado por el número anual de días de tormenta en un lugar específico. Un día de tormenta se define como un día de calendario local durante el cual un trueno es escuchado al menos una vez en una ubicación dada (Torres, El Rayo, Mitos leyendas Ciencia y Tecnología, 2002). El rango en el que el trueno es audible está alrededor de los 15 km, con un máximo de 25 km. Una forma de valorar la amenaza por tormentas eléctricas es a través de mapas isoceráunicos.

En el mapa de niveles ceráuneos de Colombia se observa que las zonas más críticas del número de días de tormenta al año son el Medio y Bajo Magdalena. Las descargas eléctricas atmosféricas (rayos) se define como uno de los fenómenos naturales más peligroso a nivel mundial donde no solo pone en riesgo la vida, sino que también puede producir daños a estructuras, sistemas y equipos

eléctricos y electrónicos, ya sea por impacto directo o indirecto (Universidad Nacional, 2015). De acuerdo con el mapa de niveles ISO – Ceráunicos, en el área de influencia, se presenta un valor de entre 90 y 120 días de indicio de ocurrencia de tormentas eléctricas.

3.2.1.3.2.2 Clasificación de Amenaza

Para la clasificación de la amenaza ceráunica se emplearon los rangos de nivel ceráunico (NC) establecidos a partir del número promedio de días de tormenta eléctrica por año, conforme a los criterios adoptados en Colombia por el convenio Universidad Nacional de Colombia – Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P., y retomados en la Norma Técnica Colombiana NTC 4552-1, la cual reconoce el nivel ceráunico como un parámetro fundamental para la evaluación del riesgo asociado a descargas eléctricas atmosféricas. La **Tabla 3.2.1-19** presenta la calificación general del grado de amenaza en función del nivel ceráunico.

Tabla 3.2.1-19 Calificación a partir de niveles ceráunicos

NIVEL CERÁUNICO	CATEGORÍA SUSCEPTIBILIDAD	GRADO DE AMENAZA
30 a 50	Bajo	Bajo
51 a 70	Medio	Medio
71 a 100	Alto	Alto
Mayor que 100	Muy Alto	

Fuente: Adaptación de Universidad Nacional de Colombia e Interconexión Eléctrica S.A ESP

De acuerdo con la información secundaria consultada y el análisis espacial realizado, el área de influencia del proyecto presenta valores de nivel ceráunico comprendidos entre 90 y 180 días de tormenta eléctrica por año, lo cual indica una alta a muy alta recurrencia de tormentas eléctricas. No obstante, para efectos de la evaluación ambiental y con el fin de realizar la caracterización espacial de la amenaza, el grado **ALTO** se subdivide en dos rangos operativos, de acuerdo con la intensidad relativa del fenómeno.

En consecuencia, el área de influencia fisicobiótica se clasifica dentro del grado de amenaza ceráunica ALTO, diferenciando los intervalos 90–120 días/año y 120–180 días/año, ambos asociados a una probabilidad elevada de ocurrencia de descargas eléctricas atmosféricas, conforme a lo señalado por la NTC 4552-1 y los estudios nacionales sobre riesgo por rayos en Colombia[1] (ver **Tabla 3.2.1-20**, **Figura 3.2.1-46** y **Figura 3.2.1-47**).

Tabla 3.2.1-20 Nivel de amenaza ceráunica para el área de influencia.

GRADO AMENAZA	NIVEL CERÁUNICO	DESCRIPCIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA		ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
			Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
ALTO	90-120	Probabilidad de ocurrencia alta de tormentas eléctricas debido a que en el área se escuchan truenos en un promedio mayor de 100 días al año.	25.005,03	100,00	10.412,44	100,00
	120 - 180	Probabilidad muy alta de ocurrencia de tormentas eléctricas, asociada a una recurrencia intensa del fenómeno, con más de 120 días de tormenta al año, lo que incrementa el nivel de exposición y riesgo frente a descargas eléctricas atmosféricas.				

Fuente: SGI SAS, 2025

[1] Evaluación de riesgo por impacto de descargas eléctricas, a NTC 4552-2, (1999)

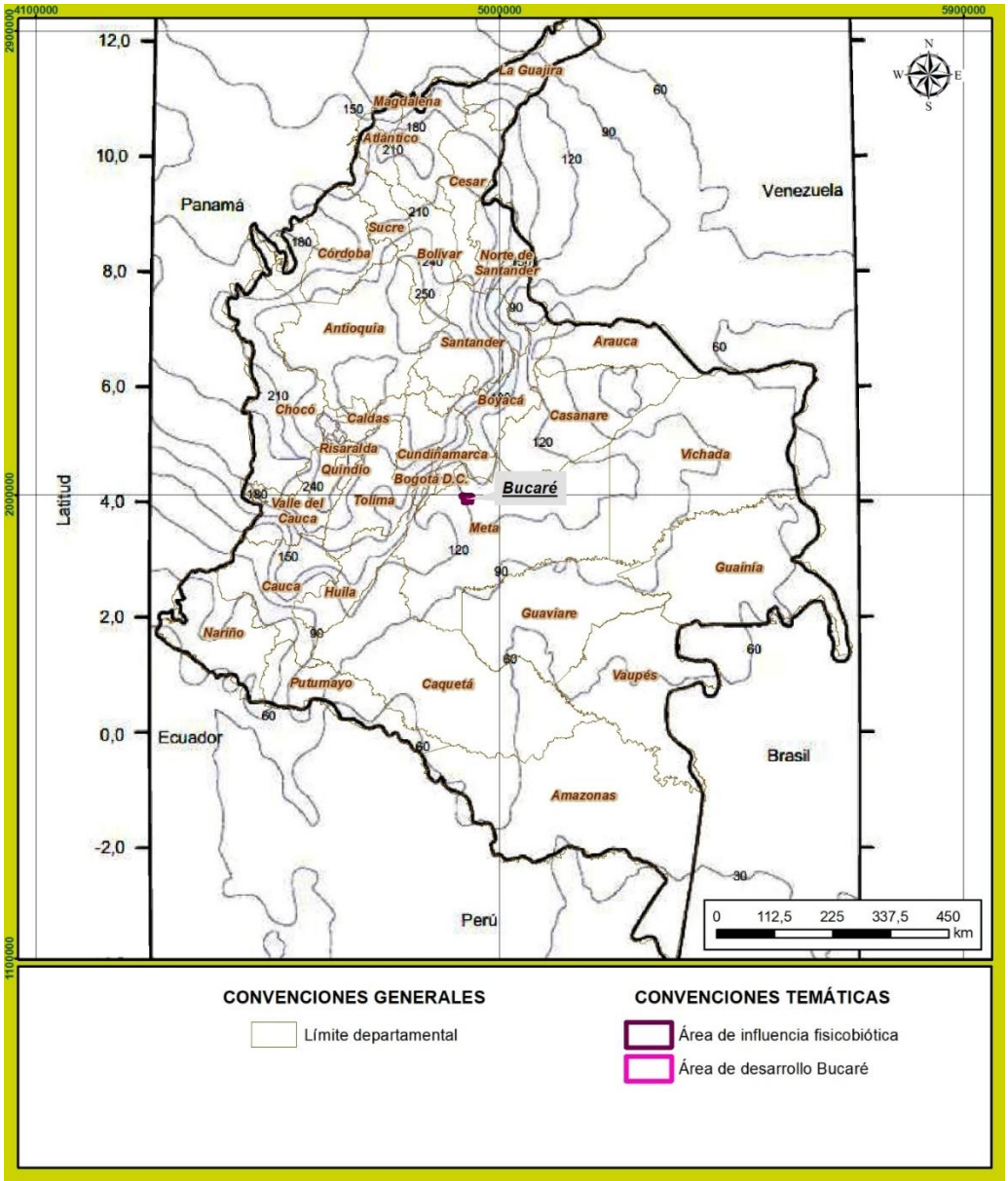


Figura 3.2.1-46 Mapa isoceráunico de Colombia evaluado en áreas de 30km x 30 km Fuente: Universidad Nacional de Colombia e Interconexión Eléctrica S.A ESP modificado por SGI S.A.S, 2025.

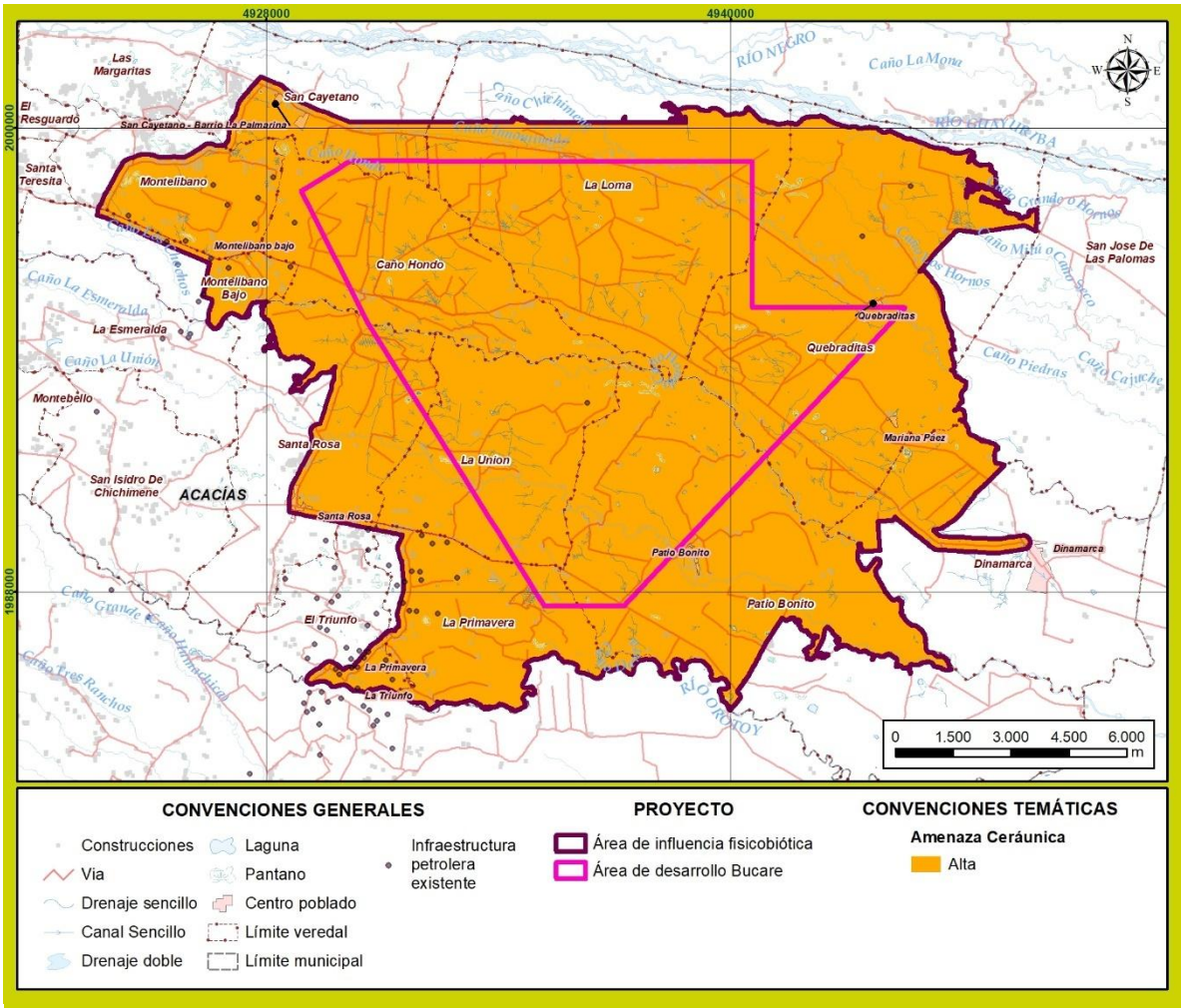


Figura 3.2.1-47 Mapa de amenaza ceráunica para el área de influencia fisicobiótica
Fuente: SGI S.A.S, 2025.

3.2.1.3.3 Amenaza por remoción en masa y procesos erosivos

De acuerdo con la Guía para la evaluación de amenaza por movimientos en masa[2], los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicas, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en el interfaz entre esta.

Los procesos morfodinámicos comprenden los movimientos de suelo o roca inducidos principalmente por la acción de la gravedad y, en muchos casos, por la presencia y dinámica del agua. Su evolución está estrechamente ligada a factores como las características litológicas, el grado de meteorización, la disposición estructural de los materiales, la topografía del terreno y las condiciones climáticas imperantes, las cuales inciden de manera directa en el contenido de humedad de los materiales, particularmente durante periodos de alta precipitación.

Adicionalmente, dentro del análisis morfodinámico se consideran los procesos deposicionales asociados a la sedimentación activa, entendidos como la acumulación, redistribución y

[2] Servicio nacional de geología y minería, Publicación geológica multinacional No. 4, Guía para la evaluación de amenaza movimientos en masa. GEMMA. Bogotá D.C., 2007.

reacomodación de materiales transportados, principalmente por acción hídrica. Estos procesos se desarrollan en cauces, márgenes de drenaje, planos de inundación y sectores de menor pendiente, y aunque no corresponden a procesos de remoción en masa en sentido estricto, pueden incidir en la amenaza morfodinámica al generar superficies inestables, modificar la geometría de los cauces, alterar la capacidad portante del terreno y favorecer la ocurrencia de procesos erosivos o de remoción superficial en etapas posteriores.

La evaluación de la amenaza por procesos morfodinámicos en el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare se realizó a partir del análisis de información secundaria proveniente de fuentes oficiales y de estudios técnicos elaborados por entidades gubernamentales y privadas, la cual fue verificada, complementada y ajustada mediante información primaria obtenida durante las actividades de campo.

La metodología empleada para la estimación de la amenaza corresponde a una evaluación heurística de las condiciones naturales y antrópicas del área, orientada a determinar la susceptibilidad del terreno a la ocurrencia de procesos de remoción en masa, erosión y sedimentación activa, incorporando adicionalmente factores detonantes como la precipitación y la sismicidad, los cuales pueden intensificar la dinámica morfodinámica del territorio.

3.2.1.3.3.1 Procesos morfodinámicos identificados en el área de estudio

Los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia corresponden principalmente a dinámicas de origen denudacional, las cuales consisten en el desgaste natural del suelo o la roca expuesta en superficie, inducido por la acción combinada de factores climáticos, como la precipitación, el viento, la humedad y las variaciones de temperatura, y dinamizado por factores antrópicos, entre los que se destacan los cortes, excavaciones y modificaciones locales del drenaje superficial.

Actualmente, en el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental del Área de Desarrollo Bucare, se reconocen procesos denudacionales tales como erosión laminar, formación de surcos, desarrollo de cárcavas, socavación lateral y deslizamientos, los cuales se presentan de manera puntual y de baja magnitud, sin evidenciar afectaciones significativas sobre la estabilidad general del terreno.

De manera complementaria, se identifican procesos deposicionales asociados a la sedimentación activa, principalmente relacionados con la dinámica de las fuentes hídricas del sector, asociados principalmente al caño Chichimene, caño La Unión, río Acacías y río Orotoy. Estos procesos corresponden a la acumulación, redistribución y reacomodación de sedimentos en cauces, márgenes de drenaje, planos de inundación y sectores de menor pendiente, y forman parte integral de la morfodinámica del área, al reflejar la respuesta del sistema geomorfológico a los procesos erosivos aguas arriba y a la variabilidad hidrológica.

Adicionalmente, se realizó la revisión del Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) del Servicio Geológico Colombiano, el cual consolida el catálogo e inventario nacional de movimientos en masa; no obstante, dicha consulta no arrojó registros de procesos reportados dentro del área de influencia del proyecto.

El inventario geomorfológico de procesos morfodinámicos se elaboró a partir del trabajo de campo, durante el cual se registraron 70 procesos, y del análisis multitemporal de información cartográfica e imágenes satelitales, que permitió identificar 261 procesos adicionales, para un total de 331 procesos morfodinámicos de tipo denudacional. De manera adicional, el análisis multitemporal permitió identificar 1.215 eventos asociados a sedimentación activa, los cuales fueron integrados al análisis morfodinámico dada su incidencia en la configuración del relieve y en la estabilidad local del terreno (Anexos/5. Anexo Abiótico/5.2 Geomorfología).

En consecuencia, en el área de influencia físico-biótica del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare se caracterizaron 331 procesos morfodinámicos denudacionales y 1.215 eventos de sedimentación activa, cuya distribución espacial se presenta en la Figura 3.2.1-48 y Figura 3.2.1-49. La descripción detallada de la morfodinámica del área de influencia se desarrolla en el Capítulo 3.2.2 Geomorfología del presente EIA. Los formatos utilizados para el levantamiento de información en campo se encuentran disponibles en la carpeta Anexos/5. Anexo Abiótico/5.2 Geomorfología.

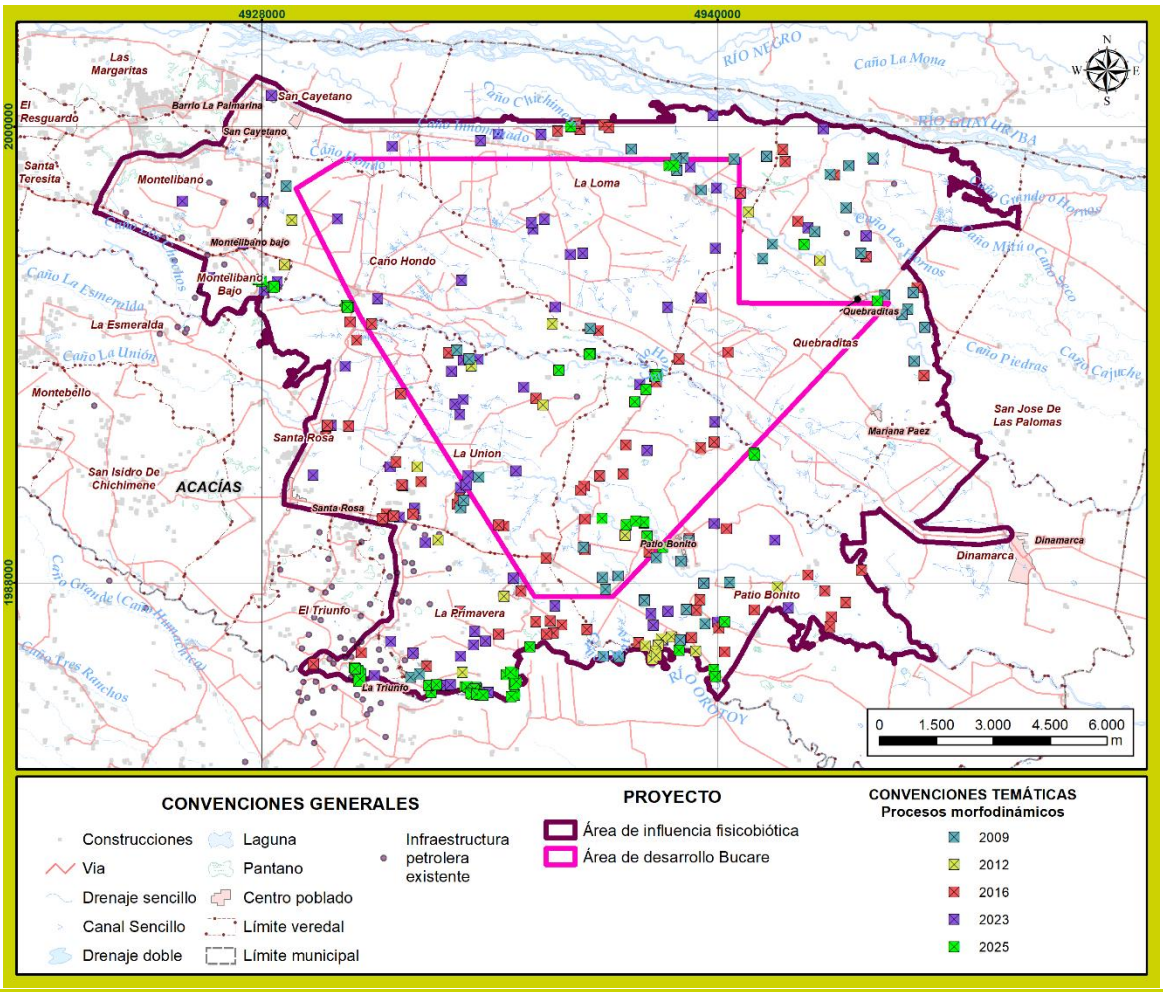


Figura 3.2.1-48 Ubicación de los procesos morfodinámicos denudativos registrados en el área de influencia
Fuente: SGI S.A.S, 2025

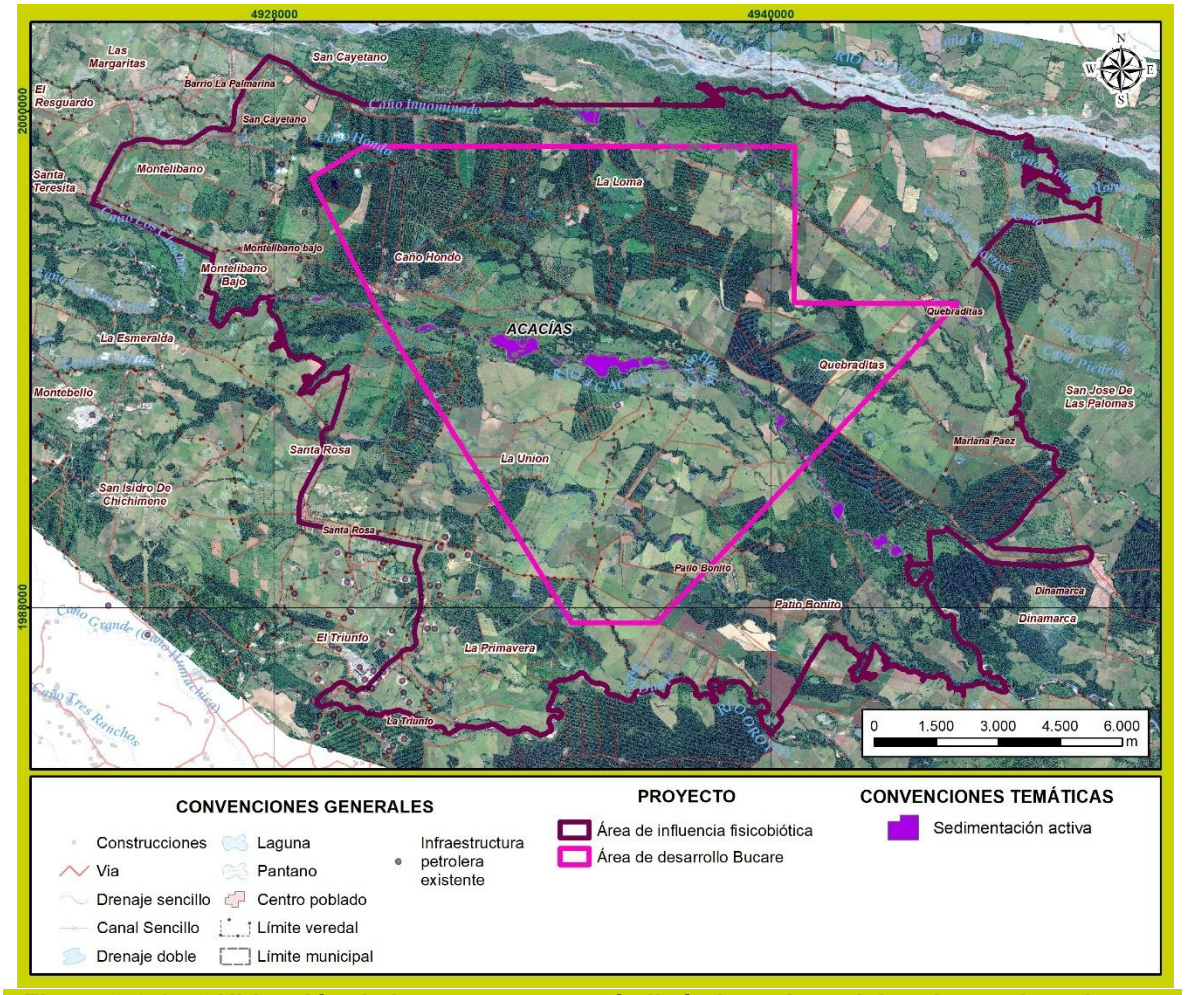


Figura 3.2.1-49 Ubicación de los procesos morfodinámicos deposicionales registrados en el área de influencia
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.3.3.2 Metodología para la estimación de la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos

Para determinar la amenaza por ocurrencia de procesos morfodinámicos, se toma como base la metodología utilizada para estimar la susceptibilidad y se adicionan dos (2) factores detonantes: La precipitación y la sismicidad. En la **Figura 3.2.1-50** se presenta un esquema general de la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (2015) para la estimación de la amenaza por movimiento en masa con base en la susceptibilidad.

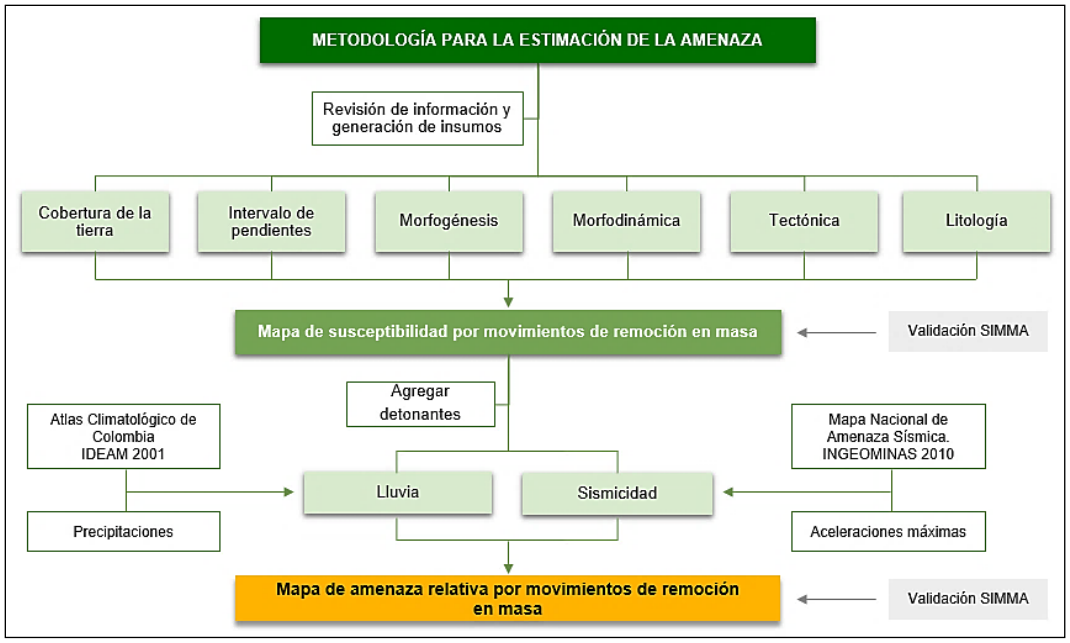


Figura 3.2.1-50 Metodología para calcular la amenaza por procesos morfodinámicos
Fuente: SGI S.A.S, 2023.

Como se menciona anteriormente, a partir de la metodología empleada para estimar la susceptibilidad por procesos morfodinámicos, se puede calcular la amenaza. Las metodologías son homologables, únicamente es necesario agregar factores detonantes al cálculo de la susceptibilidad para que sea posible estimar la amenaza.

3.2.1.3.3.3 Susceptibilidad por procesos morfodinámicos

Para estimar la susceptibilidad por procesos morfodinámicos del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare, se utilizó una modificación de la metodología propuesta por Anbalagan (1992), la cual puede ser consultada a detalle en el Capítulo 3.2.8.

Esta metodología consiste en un método heurístico en el cual se utilizaron seis (6) variables físicas entre las que se encuentran: Cobertura vegetal, grado de pendiente, morfogénesis, morfodinámica, tectónica y litología. En la **Tabla 3.2.1-21** se presentan los seis (6) parámetros considerados para la estimación de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el marco presente proyecto, la descripción de cada uno y su respectivo peso, los cuales se asignan según la influencia de cada parámetro en la estabilidad del terreno, otorgándole un mayor valor a aquellas categorías o parámetros que más inciden en la estabilidad del área donde se enmarca el proyecto, en tanto que los factores que no tienen gran influencia en la estabilidad, la valoración o peso asignado es menor.

Tabla 3.2.1-21 Factores físicos considerados para la estimación de la susceptibilidad por procesos morfodinámicos y sus respectivos pesos

FACTOR	DESCRIPCIÓN	PESO
Cobertura de la tierra (C)	Tipos principales de vegetación presentes en la zona	2
Morfogénesis (Mg)	Formas del terreno asociadas a los agentes modeladores principales	2
Morfodinámica (Md)	Áreas afectadas por procesos morfodinámicos, asociados a procesos erosivos.	2
Intervalo de Pendiente (Pe)	Grado de inclinación del terreno	2

FACTOR	DESCRIPCIÓN	PESO
Tectónica (T)	Afectación por fallas y estructuras geológicas	1
Litología (L)	Unidades litológicas aflorantes en el área de estudio	1
TOTAL		**10**

Fuente: SGI SAS, 2025, modificado de Anbalagan, 1992.

Una vez establecidos los parámetros, se procede a realizar la evaluación de los diferentes criterios considerados para cada uno; calificándolos con valores entre 0 - 1 y/o 0 - 2, donde 0 corresponde a la ponderación que no influye en la estabilidad del terreno. Cada uno de los seis (6) parámetros considerados para el cálculo de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa, con sus respectivas categorías y pesos asignados se presentan en la **Tabla 3.2.1-22**.

Tabla 3.2.1-22 Factores, peso y valoración empleados para la estimación de la amenaza por procesos de remoción en masa y erosivos en el área de influencia

	FACTOR	DESCRIPCIÓN	RANGO	CATEGORÍAS	PESO
SUSCEPTIBILIDAD	Cobertura de la tierra **(C)**	Tipos de cobertura de la tierra presentes en la zona de estudio	0 - 2	Arenales	2,0
				Arroz	1,5
				Bosque de galería y ripario	0,5
				Bosque denso alto de tierra firme	0,3
				Bosque denso alto inundable	0,3
				Cacao	1,0
				Café	1,0
				Canales	1,0
				Cítricos	1,0
				Cuerpos de agua artificiales	0,2
				Cultivos agroforestales	1,0
				Cultivos permanentes arbóreos	0,8
				Cultivos permanentes arbustivos	0,8
				Cultivos permanentes herbáceos	0,8
				Estanques para acuicultura continental	0,0
				Explotación de hidrocarburos	0,2
				Herbazal denso inundable arbolado	0,8
				Herbazal denso inundable no arbolado	1,0
				Instalaciones recreativas	0,2
				Lagunas de oxidación	0,2
				Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,2
				Maíz	1,0
				Mosaico de cultivos	1,0
				Otros cultivos transitorios	1,2
				Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	1,2
				Palma de aceite	0,8
				Palmares	0,8
				Pastos arbolados	0,8

	FACTOR	DESCRIPCIÓN	RANGO	CATEGORÍAS	PESO
				Pastos enmalezados	1,0
				Pastos limpios	1,2
				Pastos y árboles plantados	1,0
				Plantación forestal	0,5
				Red vial y territorios asociados	1,5
				Ríos	1,8
				Tejido urbano discontinuo	0,8
				Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	0,0
				Vegetación secundaria alta	0,8
				Vegetación secundaria baja	1,0
				Yuca	1,2
				Zonas industriales o comerciales	0,2
				Zonas pantanosas	0,2
	Morfogénesis **(Mg)**	Formas del terreno asociadas a los agentes modeladores principales	0 - 2	Barra longitudinal	2,0
				Barra puntual	2,0
				Barra compuesta	2,0
				Canal artificial	1,5
				Cauce aluvial	1,8
				Cuenca de decantación	0,3
				Cuerpo de abanico aluvial	0,8
				Escarpe de abanico aluvial	1,8
				Escarpe de abanico aluvial estructural	1,8
				Escarpe de terraza de acumulación nivel tres	1,8
				Escarpe de terraza de acumulación nivel uno	1,8
				Excavaciones para acuicultura	0,3
				Excavaciones para cuerpos de agua artificiales	0,3
				Isla	1,8
				Laguna	0,2
				Meandro abandonado	0,2
				Orillar	2,0
				Plano anegadizo de abanico aluvial	0,3
				Plano anegadizo de terraza nivel uno	0,3
				Plano anegadizo de terraza nivel dos	0,3
				Plano anegadizo de terraza nivel tres	0,3
				Plano de inundación	1,5
				Plano de terraza de acumulación nivel uno	1,0
				Plano de terraza de acumulación nivel dos	0,8
				Plano de terraza de acumulación nivel tres	0,5
				Rellenos antrópicos de zonas industriales y comerciales	1,2

	FACTOR	DESCRIPCIÓN	RANGO	CATEGORÍAS		PESO
				Rellenos antrópicos para EH		1,2
				Rellenos de tejidos urbanos discontinuos		1,2
				Rellenos para vías		1,2
				Rellenos de escombros		1,2
				Vega		1,5
	Morfodinámica **(Md)**	Áreas afectadas por procesos morfodinámicos.	0 - 2	Deslizamiento		2.0
				Erosión en Surcos		1.5
				Socavación lateral		1.5
				Erosión laminar		1.0
				Erosión en Cárcavas		2.0
				Barras		2.0
				Islas		1.8
	Intervalo de Pendiente **(P)**	Grado de inclinación del terreno	0 - 2	A nivel (0-1%)		0.1
				Ligeramente plana (1-3%)		0.2
				Ligeramente inclinada (3-7%)		0.3
				Moderadamente inclinada (7-12%)		0.5
				Fuertemente inclinada (12-25%)		0.7
				Ligeramente escarpada o ligeramente empinada (25-50%)		0.9
				Moderadamente escarpada o moderadamente empinada (50-75%)		1.3
				Fuertemente escarpada o fuertemente empinada (75-100%)		1.7
				Totalmente escarpada (>100%)		2.0
	Tectónica **(T)**	Afectación por fallas y estructuras geológicas	0 - 1	Área con afectación tectónica y evidencia morfológica observable en superficie.		1,0
				Área con baja influencia tectónica, sin presencia de fallas geológicas aflorantes.		0,0
	Litología **(L)**	Unidades litológicas aflorantes en el área de estudio	0 - 1	Depósitos aluviales de drenajes mayores	Q2al1	1,0
				Depósitos aluviales de drenajes menores	Q2al2	1,0
				Depósitos de Abanico Aluvial	Q1ca	0,5
				Depósitos de planos de inundación de drenajes mayores	Q2pi	0,8
				Depósitos de Terraza Alta	Qt1	0,3
				Depósitos de Terraza Baja	Q2t3	0,6
				Depósitos de Terraza Media	Qt2	0,5

Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025

A partir de las variables y pesos presentados en la **Tabla 3.2.1-22**, se realiza un algebra de mapas y se obtiene la distribución espacial de la susceptibilidad del terreno a presentar procesos morfodinámicos en el área de influencia fisicobiótica del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare, el cual se presenta en la **Figura 3.2.1-51**.

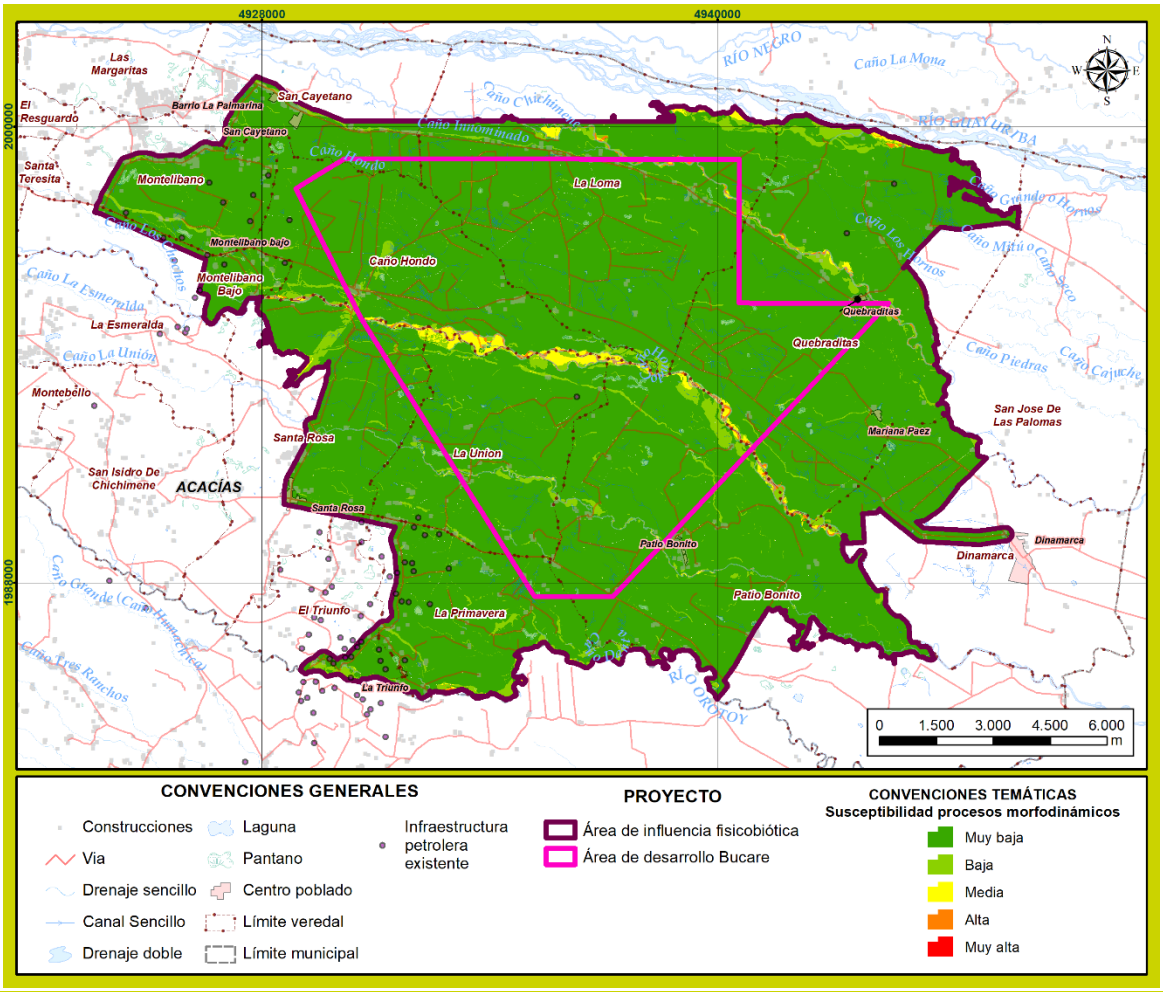


Figura 3.2.1-51 Mapa de la distribución espacial de la susceptibilidad del terreno por procesos morfodinámicos dentro del área de influencia
Fuente: SGI S.A.S, 2025.

Tabla 3.2.1-23 Susceptibilidad por procesos morfodinámicos y sus respectivos porcentajes dentro del área de influencia físico-biótica

SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA DE INFLUENCIA		ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	0,81	0,003	0,00	0,00
Alta	140,59	0,562	73,62	0,71
Media	262,46	1,050	160,77	1,54
Baja	1215,48	4,861	413,97	3,98
Muy Baja	23385,69	93,524	9764,08	93,77
Total	**25005,03**	**100,00**	**10412,44**	**100,00**

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

La metodología empleada y los resultados obtenidos de la susceptibilidad por procesos morfodinámicos pueden ser consultados a detalle en el Capítulo 3.2.8. En este apartado se menciona únicamente los temas más relevantes y útiles para el cálculo de la amenaza.

Una vez estimada la susceptibilidad, se procede a calcular la amenaza por procesos morfodinámicos, tal como se presenta a continuación.

3.2.1.3.3.4 Estimación de la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos

La amenaza es el peligro latente de que un evento físico de origen natural se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Ley 1523 de 2012). Para estimar la amenaza se debe considerar tres (3) factores principalmente: La susceptibilidad, la energía potencial y uno o varios detonadores, según sea el caso (Ver **Figura 3.2.1-52**)

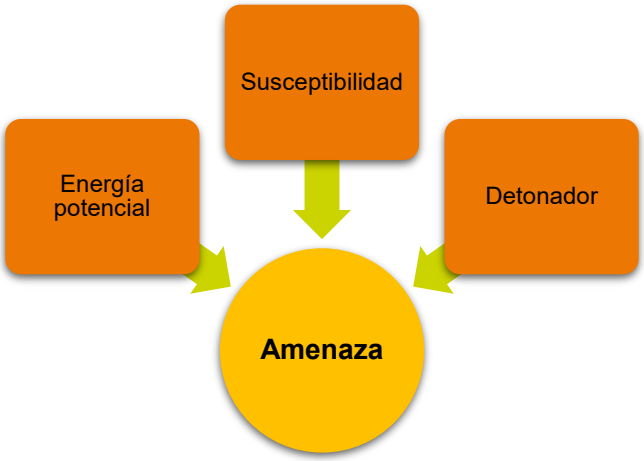


Figura 3.2.1-52 Factores considerados para estimar la amenaza
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para el presente proyecto, la energía potencial ya fue considerada dentro de los parámetros de la susceptibilidad al tener en cuenta el factor pendiente. Respecto al detonador, para el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare se consideran dos (2) detonantes: la precipitación y la sismicidad.

3.2.1.3.3.5 Metodología para estimar la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos

La metodología empleada para estimar la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos es una evaluación heurística de las condiciones naturales y antrópicas del área que están relacionadas con la susceptibilidad del terreno a presentar procesos morfodinámicos, involucrando de forma adicional, factores detonantes como lo son la precipitación y la sismicidad. Por esta razón, esta metodología es homologable con la utilizada para estimar la susceptibilidad, pero adicionando los factores detonantes.

Como lo propone Anbalagan (1992), a los detonantes considerados para la estimación de la amenaza por procesos morfodinámicos, se les asigna un peso según la influencia de estos en la generación de procesos morfodinámicos, tal como se realizó para los parámetros considerados en el cálculo de la susceptibilidad.

Para el cálculo de la amenaza se tuvieron en cuenta, además de los seis (6) parámetros físicos considerados en la susceptibilidad (Ver **Tabla 3.2.1-21**), dos (2) factores detonantes: La precipitación y la sismicidad, ya que estos parámetros en conjunto son claves para el cálculo de la amenaza por

procesos morfodinámicos. En la **Tabla 3.2.1-24** se presentan los parámetros valorados en el cálculo de la amenaza incluyendo los dos detonantes, con su respectiva descripción y peso asignado.

Tabla 3.2.1-24 Factores analizados para la estimación de la amenaza por remoción en masa, procesos erosivos y sus respectivos pesos

	FACTOR	DESCRIPCIÓN	PESO
SUSCEPTIBILIDAD	Cobertura de la tierra (C)	Tipos principales de vegetación presentes en la zona	2
	Morfogénesis (Mg)	Formas del terreno asociadas a los agentes modeladores principales	2
	Morfodinámica (Md)	Áreas afectadas por procesos morfodinámicos, asociados a procesos erosivos.	2
	Intervalo de Pendiente (Pe)	Grado de inclinación del terreno	2
	Tectónica (T)	Afectación por fallas y estructuras geológicas	1
	Litología (L)	Unidades litológicas aflorantes en el área de estudio	1
DETONANTES	Sismicidad (S)	Valores de aceleración sísmica en el área de acuerdo con los códigos nacionales.	1
	Precipitación (P)	Valores de Precipitación registrados en el área de estudio	2
	TOTAL		**13**

Fuente: Modificado de Anbalagan, 1992 por SGI S.A.S, 2025.

A continuación, se presenta una descripción de los factores detonantes considerados para el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Área de Explotación Bucare. Para un área pequeña como la que comprende este estudio, estos factores o detonantes representan valores constantes y no son propiedades intrínsecas del terreno, son posibles escenarios que pueden influir negativamente en la estabilidad de este.

- Precipitación

La precipitación relaciona la cantidad de lluvia que cae en un lugar en un periodo de tiempo determinado y es un factor detonante de los fenómenos de remoción en masa.

La presencia de agua en las masas de suelo o macizos de roca, expresada en la posición del nivel freático, niveles capilares y flujos subterráneos, determina el tipo y magnitud de las presiones de poros generadas, lo cual influye sobre la resistencia al corte de los materiales y la fricción entre las capas, y de esa manera, sobre la estabilidad del terreno y la susceptibilidad de dichos materiales a la generación de procesos de remoción en masa. En condiciones extremas, como durante un período de lluvias intensas y prolongadas, el agua puede convertirse en un factor disparador de estos procesos, debido al aumento súbito del peso del material, así como el incremento en las presiones de poros; por esta razón, es importante conocer la influencia del régimen de lluvias de la zona pues es un factor determinante en la estabilidad del terreno.

Se adopta la precipitación media anual multianual como un buen indicativo de la condición de humedad regional del terreno, toda vez que representa el comportamiento de las lluvias dentro del área de estudio (con base en los registros históricos).

Para el Área de Desarrollo Bucare se tienen en cuenta los reportes emitidos por el IDEAM, los cuales indican que en la zona se registra una precipitación media anual que varía en un rango de 3172.60 mm a 3890.81 mm, la cual es considerada una precipitación moderada respecto a las precipitaciones que se presentan en el territorio colombiano. La precipitación es constante para toda el Área de

Desarrollo Bucare y teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, en un rango entre 0 – 2 se le asignó un valor de 1.0, pues corresponde a una precipitación media cuyo grado de estabilidad del terreno respecto a este factor es medio – alto (Ver **Tabla 3.2.1-25**)

Tabla 3.2.1-25 Valoración del grado de susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción en masa asociado a la precipitación del área de influencia fisicobiótica

FACTOR	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA	PESO
Precipitación **(P)**	Valores de Precipitación registrados en el área de estudio	Precipitación anual media de 3172,60 mm a 3890.81 mm, considerada media.	1.2

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

- Sismicidad

Los eventos sísmicos pueden producir desprendimientos de rocas y suelos que se encuentran en áreas de pendientes pronunciadas o zonas afectadas por procesos erosivos avanzados.

La información histórica de sismos reportados en el área según la Red Sismológica del Servicio Geológico Nacional señala que para el área analizada se reportan 364 sismos. Sin embargo, dentro del área de influencia del proyecto, se encuentran únicamente 29 eventos sísmicos registrados.

La magnitud modal de los eventos sísmicos registrados se encuentra en el rango de 1,0–1,9, y más del 98 % de los sismos presentan magnitudes inferiores a 3, lo que evidencia una actividad sísmica predominantemente baja en intensidad en el área de estudio. A pesar de ello, se registraron cuatro eventos con magnitudes superiores a 3, ubicados en los municipios de Acacías, Villavicencio, Castilla La Nueva y Restrepo.

Espacialmente, se identifica una mayor concentración de eventos en los municipios de Acacías y Castilla La Nueva, manteniéndose en todos los casos el predominio de sismos con magnitudes menores a 3, principalmente dentro del intervalo 1,0–1,9.

En cuanto a la evolución temporal, se observa un incremento abrupto en la frecuencia de eventos durante los años 2017 y 2018, asociado a un fortalecimiento de las acciones de monitoreo en la región. Posteriormente, tras una disminución en 2021, se identifica una tendencia creciente a partir de 2022, lo que sugiere una mejora continua en la capacidad de registro y seguimiento de la actividad sísmica.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Área de Desarrollo Bucare está localizado en una franja definida de amenaza sísmica baja con aceleraciones máximas en roca de 0.05 m/s2; por esta razón, el parámetro de sismicidad en un rango entre 0 – 1 recibe una valoración de 0.1, valor que es constante en toda el área del proyecto (Ver **Tabla 3.2.1-26**).

Tabla 3.2.1-26 Valoración del grado de susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción en masa asociado a la sismicidad del área de estudio

FACTOR	DESCRIPCIÓN	RANGO	CATEGORÍA	PESO
Sismicidad **(S)**	Valores de aceleración sísmica en el área de acuerdo con los códigos nacionales.	0 - 1	Nivel sísmico: Bajo Aa: 0.05 m/s^2	0.1

Fuente: SGI S.A.S, 2023.

La amenaza sísmica para el área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare se clasificó como baja, sin embargo, representa un factor detonante y por eso debe ser considerada en el cálculo de la amenaza.

En la **Tabla 3.2.1-27** se presenta un resumen de los dos (2) detonantes considerados en el cálculo de la amenaza por eventos de remoción en masa y procesos erosivos, con los respectivos pesos y valores asignados.

Tabla 3.2.1-27 Peso y valoración de los detonantes empleados para la estimación de la amenaza por procesos de remoción en masa y erosivos en el área de influencia

	FACTOR	DESCRIPCIÓN	RANGO	CATEGORÍAS	PESO
DETONANTES	Sismicidad **(S)**	Valores de aceleración sísmica en el área de acuerdo con los códigos nacionales.	0 - 1	Nivel sísmico: Bajo Aa: 0.05 m/s^2	0.1
	Precipitación **(P)**	Valores de Precipitación registrados en el área de estudio	0 - 2	Precipitación anual media de 3172,60 mm a 3890.81 mm, considerada media.	1.2

Fuente: SGI S.A.S, 2023

Al proceso de álgebra de mapas realizado para estimar la susceptibilidad por procesos morfodinámicos (Ver **Figura 3.2.1-51**), se sumaron los 2 detonantes y a partir de la integración de estas ocho (8) variables, se obtuvo el mapa preliminar de amenaza por procesos morfodinámicos. Las calificaciones para obtener este mapa fueron evaluadas de manera interdisciplinaria por un equipo de profesionales, quienes revisaron y ajustaron los rangos de clasificación de acuerdo con la temática específica. Las coberturas de la tierra fueron valoradas con el apoyo del equipo del componente biótico; los suelos, por el profesional del área agrícola; y las variables asociadas a la morfogénesis, morfodinámica, pendiente y tectónica, por profesionales en geología.

Los ajustes e interpretaciones realizados se sustentaron en las evidencias observadas en campo y en el conocimiento histórico del comportamiento del terreno. Este procedimiento se aplicó de manera iterativa, tantas veces como fue necesario, hasta obtener el mapa definitivo, el cual representa de forma consistente y confiable las diferentes categorías de amenaza por procesos de remoción en masa y/o procesos erosivos dentro del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare.

Para definir las categorías de amenaza, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$S = \sum Pesos[C, Mg, Md, Pe, T, L, S, P] = 13$$

Teniendo en cuenta que el máximo valor de amenaza estimada es 13, se divide este valor entre las tres (3) posibles categorías de amenaza: Baja, Media y Alta, asignándole un rango de valores a cada una de ellas, tal como se presenta en la **Tabla 3.2.1-28**.

Tabla 3.2.1-28 Rangos de valoración del grado de amenaza por procesos de remoción en masa y procesos erosivos en el área de influencia

AMENAZA	RANGO DE VALORES
Baja	0 – 4.3
Media	4.4 – 8.6
Alta	8.7 – 13

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

Es importante mencionar que los procesos morfodinámicos están condicionados por la acción de factores detonantes externos que actúan como desencadenantes de la inestabilidad. Estos detonantes, entre los que se incluyen las precipitaciones y sismos, no forman parte de las características inherentes del medio físico, pero pueden alterar significativamente su equilibrio. La incorporación de estos agentes detonantes da como resultado un nivel de amenaza superior a los niveles de susceptibilidad calculados inicialmente.

A partir de los rangos anteriores y el álgebra de mapas, se obtiene la distribución espacial de los diferentes rangos de amenaza por procesos morfodinámicos dentro del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare. En la **Figura 3.2.1-53** se presentan los rangos de amenaza estimados y su distribución espacial dentro del área de influencia fisicobiótica del presente proyecto.

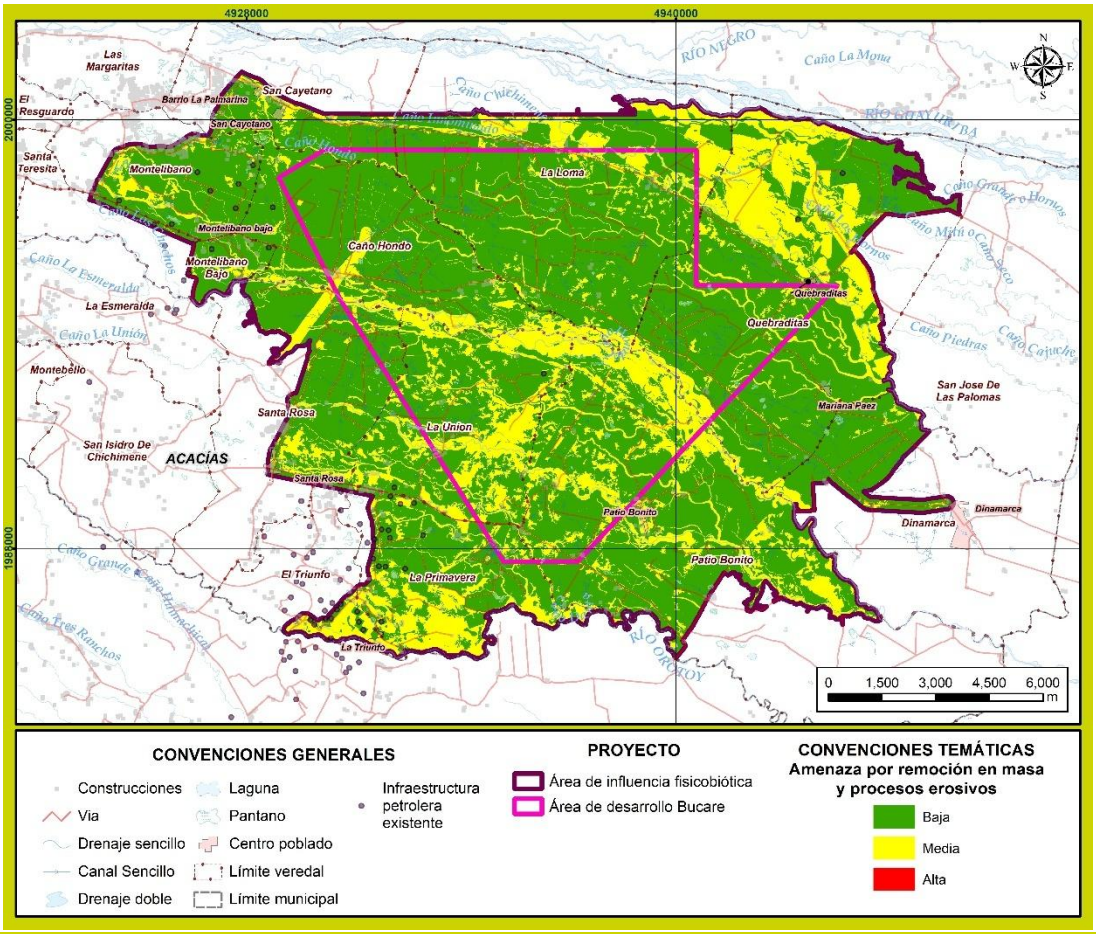


Figura 3.2.1-53 Mapa de amenaza por procesos erosivos y de remoción en masa del área de influencia
Fuente: SGI S.A.S, 2023

Como se puede observar en la **Figura 3.2.1-53**, el terreno dentro del área de influencia fisicobiótica del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare presenta tres (3) rangos de amenaza por procesos erosivos y de remoción en masa: Amenaza baja, media y alta.

En la **Tabla 3.2.1-29** se presentan las áreas que ocupa cada uno de los rangos de amenaza por procesos de remoción en masa y procesos erosivos estimados en el área de influencia físico-biótica del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare.

Tabla 3.2.1-29 Amenaza por procesos de remoción en masa, procesos erosivos y sus respectivos porcentajes dentro del área de influencia físico-biótica

AMENAZA	ÁREA DE INFLUENCIA		ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Baja	18401,40	73,59	7986,23	76,70
Media	6602,82	26,41	2426,21	23,30
Alta	0,82	0,003	0,00	0,00
Total	**25005,03**	**100,00**	**10412,44**	**100,00**

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

Con base en los resultados presentados en la Tabla 3.2.1-29, el área de influencia físico-biótica se encuentra dominada por zonas clasificadas con amenaza baja por procesos erosivos y de remoción en masa, las cuales abarcan 18.401,40 ha, equivalentes al 73,59 % del área total evaluada. En segundo lugar, se identifican áreas con amenaza media, que representan una superficie de 6.602,82 ha, correspondiente al 26,41 % del área de influencia.

La categoría de amenaza alta es prácticamente inexistente en el área de influencia, con una extensión de 0,82 ha, lo que equivale al 0,003 % del total evaluado, evidenciando la ausencia de sectores con condiciones críticas asociadas a procesos de remoción en masa de alta intensidad o recurrencia.

Para el Área de Desarrollo Bucare, la distribución de la amenaza presenta una tendencia similar. La amenaza baja predomina ampliamente, con una extensión de 7.986,23 ha, equivalente al 76,70 % del área de desarrollo, seguida por la amenaza media, que cubre 2.426,21 ha, correspondientes al 23,30 %. En esta área no se identificaron sectores clasificados con amenaza alta.

En conjunto, estos resultados indican que tanto el área de influencia como el Área de Desarrollo Bucare presentan condiciones favorables de estabilidad geomorfológica, caracterizadas por relieves planos a suavemente ondulados, baja incidencia de procesos denudacionales activos de alta energía y predominio de dinámicas morfodinámicas de baja intensidad. Si bien se reconocen procesos erosivos y áreas de sedimentación activa de carácter puntual, estos no generan escenarios de amenaza significativa por remoción en masa a escala regional o local.

A continuación, se presenta la información secundaria disponible respecto a la amenaza por procesos de remoción en masa en la región donde se localiza el proyecto, con el fin de contrastar y corroborar los resultados obtenidos a escala local.

3.2.1.3.3.6 Información secundaria disponible respecto a la amenaza por remoción en masa y proceso erosivos

A nivel regional, la determinación de la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos del área de influencia donde se enmarca el proyecto se basa en el Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa (2015), Escala 1:100.000. Adicionalmente, se consultó el registro de eventos relacionados a movimientos en masa para el municipio de Puerto Gaitán, empleando el geovisor del SIMMA y el histórico disponible del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)[3], revisión que refleja la no existencia de reportes de eventos de fenómenos de remoción en masa en el municipio.

[3] Consulta históricos, Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), 2020.

El proceso metodológico contempla en primer lugar una búsqueda y análisis de información secundaria con respecto a amenaza por movimientos en masa; la búsqueda se enfocó principalmente en información con respecto a mapas, catálogos, memorias técnicas, estudios e informes, entre otros. La información recopilada se relacionada de manera detallada en la **Tabla 3.2.1-30**.

Tabla 3.2.1-30 Información secundaria recopilada para corroborar la amenaza por remoción en masa y procesos erosivos a escala regional

NOMBRE	ENTIDAD	AÑO
FUENTES DE CONSULTA		
Consulta históricos, Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).[1]	UNGRD	2022
Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa (2015), Escala 1:100.000.2015[2]	SGC	2019
GEOVISORES		
El sistema de información de movimientos en masa - SIMMA		SGC

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

De acuerdo con el Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa,[4] regionalmente el área del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare se clasifica con zonas de amenaza Baja, Media y Alta, como se puede observar en la **Tabla 3.2.1-31** y la **Figura 3.2.1-54**.

Tabla 3.2.1-31 Porcentajes y clasificación de la amenaza por eventos de remoción en masa y proceso erosivos para el área de influencia fisicobiótica

CATEGORÍA DE AMENAZA	ÁREA DE INFLUENCIA		ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Baja	16529,74	66,11	7089,51	68,09
Media	8025,52	32,10	3208,56	30,81
Alta	449,78	1,80	114,35	1,10
Total	**25005,03**	**100**	**10412,42**	**100,00**

Fuente: SGI SAS, 2025.

[4] Servicio Geológico Colombiano (SGC), Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa (2019), Escala 1:100.000. Bogotá D.C.

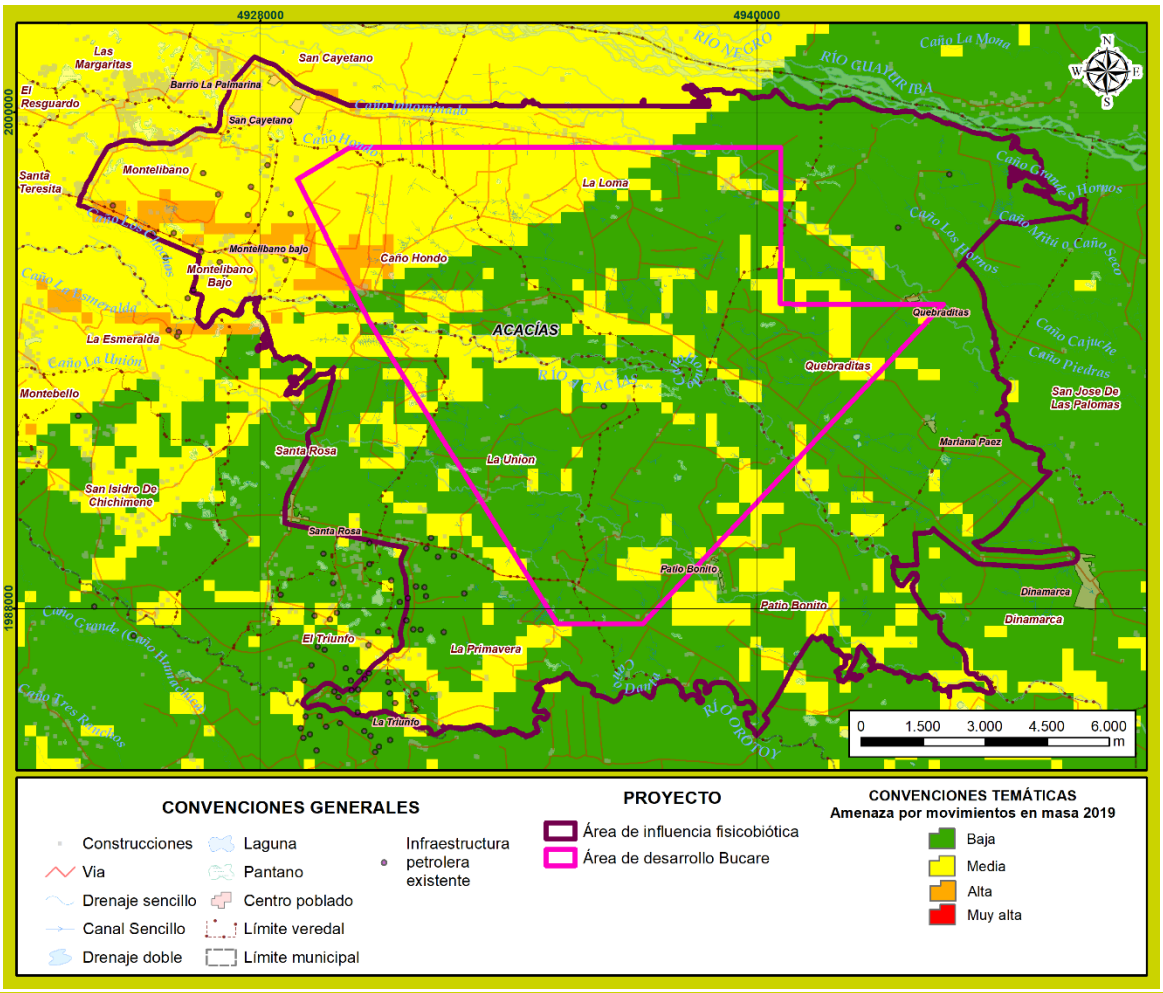


Figura 3.2.1-54 Mapa de amenaza por movimientos en masa a escala regional
Fuente: Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa (2019).
Escala 1:100.000. SGC.

Finalmente, se consultó el registro de eventos relacionados a movimientos en masa, para el municipio de Acacías, empleando el geovisor del SIMMA y el histórico disponible del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)[5] y se encontraron 155 reportes de eventos de fenómenos de remoción en masa en el municipio con registros desde 1980 hasta 2018.

A partir de lo anterior, se puede concluir que el Mapa Nacional de Amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 generado por el Servicio Geológico Colombiano (2019) (Ver **Figura 3.2.1-54**) es análogo con el mapa de amenaza por procesos morfodinámicos generado en este capítulo (Ver **Figura 3.2.1-53**), a partir de información primaria recolectada en campo. Por consiguiente, se concluye que el área de influencia fisicobiótica del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare presenta, en su mayoría, amenaza baja a media respecto a la generación de procesos morfodinámicos.

[5] Consulta históricos, Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), 2020.

3.2.1.3.4 Amenaza por incendios forestales

El análisis de amenaza de incendios para el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare se hizo con base en el Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal – Escala 1:100.000 del año 2011 (IDEAM, 2011).

Se define como amenaza el peligro latente que representa la posible manifestación de un fenómeno particular (en este caso, un incendio de la cobertura vegetal), de origen natural, socio-natural o antropogénico, en un territorio particular, que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios y el ambiente.

Es un factor de riesgo sobre un elemento o grupo de elementos expuestos (vegetación), que se expresa como la probabilidad de que un evento (incendio) se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un tiempo definido. Un incendio forestal se define como el fuego que se propaga, sin control sobre la cobertura vegetal y que no estaba previsto.

3.2.1.3.4.1 Susceptibilidad de la vegetación frente a los incendios de la cobertura vegetal

Se define como 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.

La clasificación y posterior calificación de la susceptibilidad de la vegetación (como factor fundamental de la amenaza), a incendios forestales o de la cobertura vegetal; se realiza a partir de la información obtenida del análisis de la condición pirogénica de la vegetación, basado en el modelo de combustibles desarrollado para Colombia por (Paramo, 2007). El modelo de combustibles se estructuró mediante una clasificación jerárquica, teniendo en cuenta los siguientes factores: Tipo de combustible vegetal predominante por bioma y ecosistema, duración del tipo de combustible predominante y carga total de combustibles.

El procedimiento por seguir para la determinación de la susceptibilidad de la cobertura vegetal a los incendios es el siguiente:

- **Generación del mapa de tipo de combustibles**

Se refiere al tipo de vegetación que está disponible para quemarse y que depende de dos factores, la cantidad de biomasa total y la humedad de la vegetación, la cual se relaciona también con la humedad ambiental, así como su inflamabilidad y su combustibilidad, es decir, la facilidad de encenderse y quemarse, respectivamente, lo cual varía en función de las especies (Cabrera, Ferro, Casallas, & López-Barrera, 2004).

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 al modelo de combustibles propuesto por (Paramo, 2007) (**Figura 3.2.1-64**, **Tabla 3.2.1-32** y **Tabla 3.2.1-33**).

Tabla 3.2.1-32 Tipos de combustibles predominante por cobertura vegetal en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	Código	TIPO DE COMBUSTIBLE PREDOMINANTE
Arenales	**3312**	No combustibles
Arroz	**2121**	Hierba
Bosque de galería y/o ripario	**314**	Árboles
Bosque denso alto de tierra firme	**31111**	Árboles

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	Código	TIPO DE COMBUSTIBLE PREDOMINANTE
Bosque denso alto inundable	**31112**	Árboles
Cacao	**2223**	Arbustos
Café	**2222**	Arbustos
Canales	**513**	No combustibles
Cítricos	**2233**	Árboles
Cuerpos de agua artificiales	**514**	No combustibles
Cultivos agroforestales	**224**	Pastos
Cultivos permanentes arbóreos	**223**	Árboles
Cultivos permanentes arbustivos	**222**	Arbustos
Cultivos permanentes herbáceos	**221**	Hierba
Estanques para acuicultura continental	**5143**	No combustibles
Explotación de hidrocarburos	**1312**	No combustibles
Herbazal denso inundable arbolado	**321122**	Hierba
Herbazal denso inundable no arbolado	**321121**	Hierba
Instalaciones recreativas	**142**	Pastos
Lagunas de oxidación	**5142**	No combustibles
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	**512**	No combustibles
Maíz	**2122**	Hierba
Mosaico de cultivos	**241**	Hierba
Otros cultivos transitorios	**211**	Hierba
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	**1321**	No combustibles
Palma de aceite	**2232**	Árboles
Palmares	**311123**	Árboles
Pastos arbolados	**232**	Pastos
Pastos enmalezados	**233**	Pastos
Pastos limpios	**231**	Pastos
Pastos y árboles plantados	**2241**	Pastos
Plantación forestal	**315**	Árboles
Red vial y territorios asociados	**1221**	No combustibles
Ríos	**511**	No combustibles
Tejido urbano discontinuo	**112**	Áreas urbanas
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	**413**	Hierba
Vegetación secundaria alta	**3231**	Árboles y arbustos
Vegetación secundaria baja	**3232**	Árboles y arbustos
Yuca	**2152**	Hierba
Zonas industriales o comerciales	**121**	No combustibles
Zonas pantanosas	**411**	Hierba

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 3.2.1-33 Clasificación de tipos de combustibles

TIPOS DE COMBUSTIBLE	CATEGORIA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Pastos/Hierbas	Muy Alta	5
Pastos	Muy Alta	5
Hierba	Alta	4
Arbustos	Moderada	3
Árboles y arbustos	Baja	2
Árboles	Muy baja	1
No combustibles	Sin riesgo	0
Áreas urbanas	Sin riesgo	0

Fuente: Protocolo para la Realización de mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal, 2011 (IDEAM, 2011)

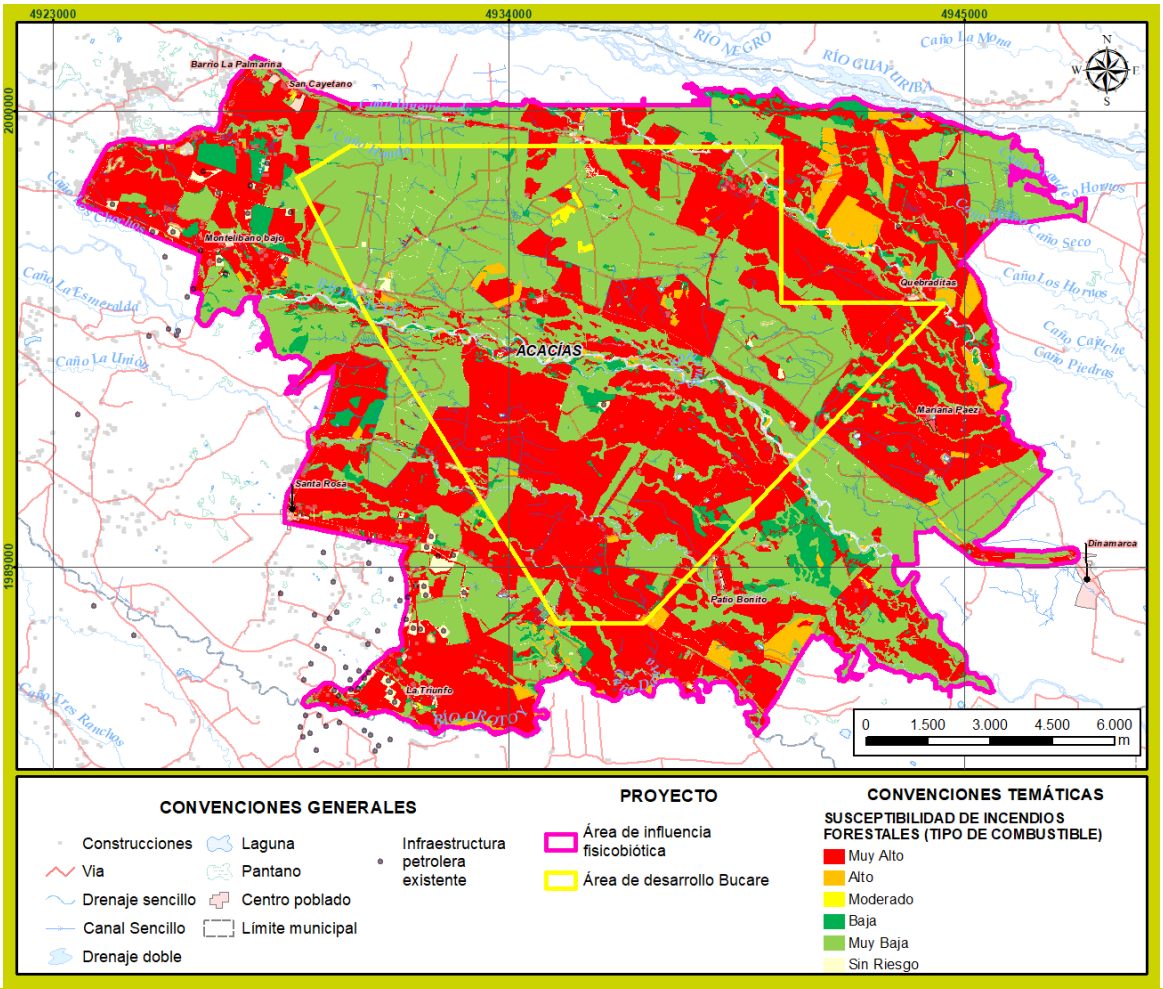


Figura 3.2.1-55 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales por tipo de combustible en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- **Amenaza por duración de combustibles**

La duración del combustible expresa de una forma indirecta qué tan peligroso puede ser un incendio, con combustibles de rápida ignición el control del fuego es más difícil ya que la cobertura se quema muy rápido y el impacto en términos de área afectada es mayor.

Con combustibles de larga duración el control es más fácil, y en cuanto al área afectada, con la generación de medidas de prevención y manejo adecuadas la afectación puede ser menor.

A partir del mapa de coberturas de la tierra, se realizó una reclasificación basada en la interpretación de los tipos de cobertura vegetal, asignando a cada clase una calificación asociada a la duración de los combustibles, de acuerdo con las coberturas predominantes en el área de estudio (**Figura 3.2.1-56**, **Tabla 3.2.1-34** y **Tabla 3.2.1-35**).

Tabla 3.2.1-34 Duración del combustible predominante en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	Código	DURACION DEL COMBUSTIBLE PREDOMINANTE
Arenales	**3312**	No combustibles
Arroz	**2121**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Bosque de galería y/o ripario	**314**	100 horas (predominio de árboles)
Bosque denso alto de tierra firme	**31111**	100 horas (predominio de árboles)
Bosque denso alto inundable	**31112**	100 horas (predominio de árboles)
Cacao	**2223**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Café	**2222**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Canales	**513**	No combustibles
Cítricos	**2233**	100 horas (predominio de árboles)
Cuerpos de agua artificiales	**514**	No combustibles
Cultivos agroforestales	**224**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Cultivos permanentes arbóreos	**223**	100 horas (predominio de árboles)
Cultivos permanentes arbustivos	**222**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Cultivos permanentes herbáceos	**221**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Estanques para acuicultura continental	**5143**	No combustibles
Explotación de hidrocarburos	**1312**	No combustibles
Herbazal denso inundable arbolado	**321122**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Herbazal denso inundable no arbolado	**321121**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Instalaciones recreativas	**142**	1 hora (predominio de pastos)
Lagunas de oxidación	**5142**	No combustibles
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	**512**	No combustibles
Maíz	**2122**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Mosaico de cultivos	**241**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Otros cultivos transitorios	**211**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	**1321**	No combustibles
Palma de aceite	**2232**	100 horas (predominio de árboles)
Palmares	**311123**	100 horas (predominio de árboles)
Pastos arbolados	**232**	1 hora (predominio de pastos)
Pastos enmalezados	**233**	1 hora (predominio de pastos)
Pastos limpios	**231**	1 hora (predominio de pastos)
Pastos y árboles plantados	**2241**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Plantación forestal	**315**	100 horas (predominio de árboles)
Red vial y territorios asociados	**1221**	No combustibles
Ríos	**511**	No combustibles
Tejido urbano discontinuo	**112**	Áreas urbanas
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	**413**	1 hora (predominio de pastos)
Vegetación secundaria alta	**3231**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Vegetación secundaria baja	**3232**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Yuca	**2152**	10 horas (predominio de arbustos y hierbas)
Zonas industriales o comerciales	**121**	No combustibles
Zonas pantanosas	**411**	1 hora (predominio de pastos)

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 3.2.1-35 Clasificación de la duración de los combustibles

DURACION DE LOS COMBUSTIBLES	CATEGORIA DE AMENAZA	CALIFICACION
No combustibles	Sin riesgo	0
Áreas urbanas	Sin riesgo	0
1 hora (predominio de pastos)	Baja	1

DURACION DE LOS COMBUSTIBLES	CATEGORIA DE AMENAZA	CALIFICACION
10 horas (predominio de arbustos y hierbas)	Moderada	2
100 horas (predominio de árboles)	Alta	3

Fuente: Protocolo para la Realización de mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal, 2011 (IDEAM, 2011)

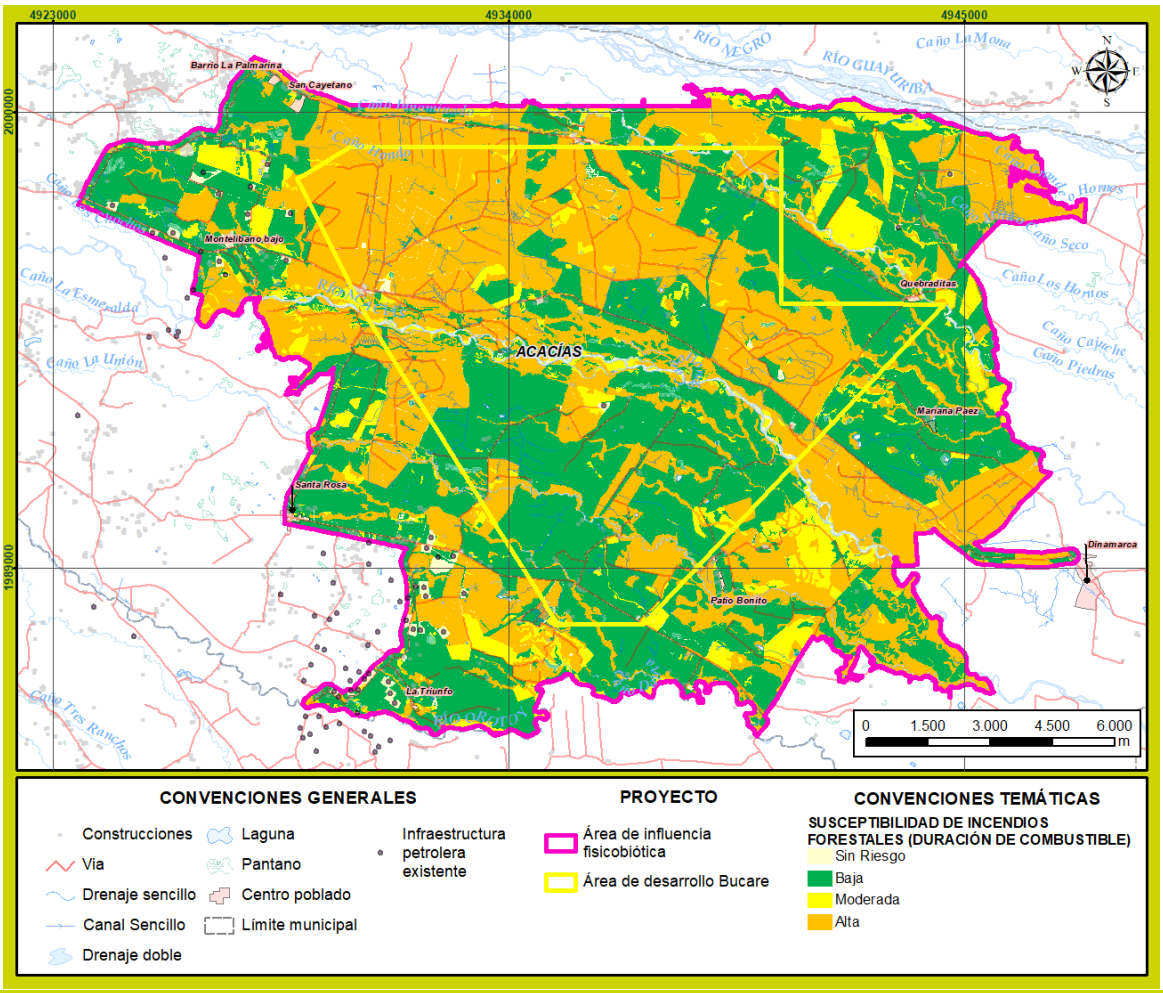


Figura 3.2.1-56 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales por duración de combustible en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

- **Amenaza por la carga total de combustibles**

Este parámetro involucra “cuatro factores fundamentales que definen la combustibilidad de la vegetación: altura, cobertura (proyección de la vegetación sobre el suelo), biomasa aérea total y humedad de la vegetación” (Páramo, 2010).

A partir del mapa de cobertura vegetal y de información específica que se tiene sobre la biomasa de los diferentes tipos de cobertura (expresada en toneladas por hectárea) se genera una reclasificación de los tipos de cobertura, asignando de acuerdo a las coberturas predominantes y a su contenido de biomasa (carga de combustibles) (**Figura 3.2.1-57**, **Tabla 3.2.1-36** y **Tabla 3.2.1-37**).

Tabla 3.2.1-36 Carga de Biomasa (combustible) por cobertura vegetal en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	Código	CARGA TOTAL DE COMBUSTIBLES
Arenales	**3312**	No combustibles
Arroz	**2121**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Bosque de galería y/o ripario	**314**	Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)
Bosque denso alto de tierra firme	**31111**	Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)
Bosque denso alto inundable	**31112**	Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)
Cacao	**2223**	Alta (50-100 Ton/Ha)
Café	**2222**	Alta (50-100 Ton/Ha)
Canales	**513**	No combustibles
Cítricos	**2233**	Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)
Cuerpos de agua artificiales	**514**	No combustibles
Cultivos agroforestales	**224**	Alta (50-100 Ton/Ha)
Cultivos permanentes arbóreos	**223**	Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)
Cultivos permanentes arbustivos	**222**	Alta (50-100 Ton/Ha)
Cultivos permanentes herbáceos	**221**	Alta (50-100 Ton/Ha)
Estanques para acuicultura continental	**5143**	No combustibles
Explotación de hidrocarburos	**1312**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Herbazal denso inundable arbolado	**321122**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Herbazal denso inundable no arbolado	**321121**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Instalaciones recreativas	**142**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Lagunas de oxidación	**5142**	No combustibles
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	**512**	No combustibles
Maíz	**2122**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Mosaico de cultivos	**241**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Otros cultivos transitorios	**211**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	**1321**	No combustibles
Palma de aceite	**2232**	Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)
Palmares	**311123**	Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)
Pastos arbolados	**232**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Pastos enmalezados	**233**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Pastos limpios	**231**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Pastos y árboles plantados	**2241**	Alta (50-100 Ton/Ha)
Plantación forestal	**315**	Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)
Red vial y territorios asociados	**1221**	No combustibles
Ríos	**511**	No combustibles
Tejido urbano discontinuo	**112**	Áreas urbanas (menos de 1 ton/Ha)
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	**413**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Vegetación secundaria alta	**3231**	Alta (50-100 Ton/Ha)
Vegetación secundaria baja	**3232**	Alta (50-100 Ton/Ha)
Yuca	**2152**	Moderada (1-50 Ton/Ha)
Zonas industriales o comerciales	**121**	No combustibles
Zonas pantanosas	**411**	Moderada (1-50 Ton/Ha)

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 3.2.1-37 Clasificación de carga de combustibles

CARGA TOTAL DE COMBUSTIBLES	CATEGORIA DE AMENAZA	CALIFICACION
No combustibles	Sin riesgo	0
Áreas urbanas (menos de 1 ton/Ha)	Baja	1
Baja (1-50 Ton/Ha)	Moderada	2
Moderada (50-100 Ton/Ha)	Alta	3

CARGA TOTAL DE COMBUSTIBLES	CATEGORIA DE AMENAZA	CALIFICACION
Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)	Muy Alta	4

Fuente: Protocolo para la Realización de mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal, 2011 (IDEAM, 2011)

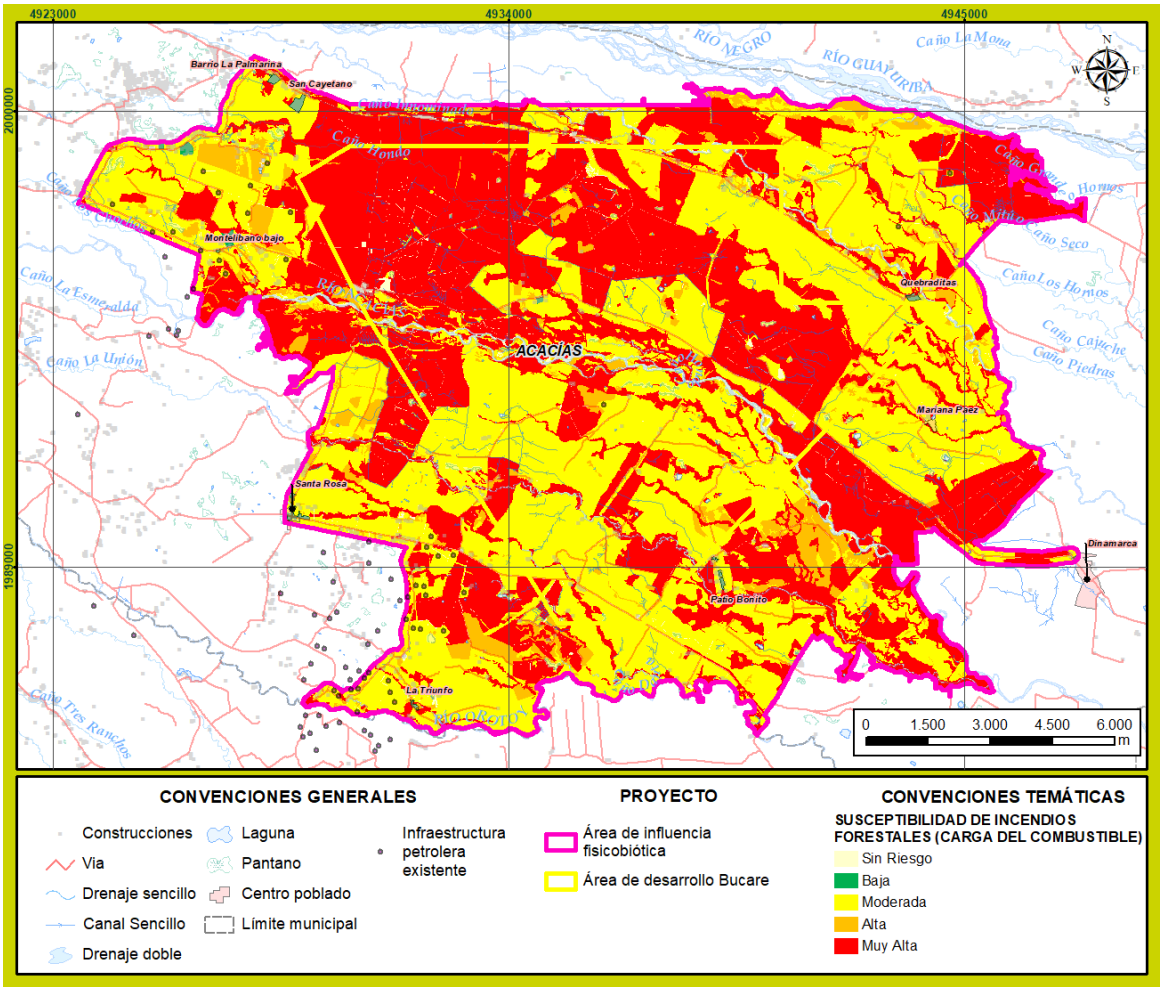


Figura 3.2.1-57 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales por carga total de combustible en el en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

- **Generación del mapa de humedad de la vegetación**

El contenido de humedad de la vegetación es uno de los principales factores que determinan la probabilidad de ignición y propagación del fuego, debido a que regula la energía necesaria para iniciar y mantener la combustión. La vegetación con alto contenido de humedad foliar y edáfica presenta una baja susceptibilidad a incendios, ya que el agua actúa como barrera térmica, retardando la ignición y disminuyendo la velocidad de propagación del fuego (Yebra, y otros, 2013); (Fares, y otros, 2017). En contraste, las coberturas con bajo contenido de humedad (<60%), como los pastos limpios o herbazales de tierra firme, poseen combustibles finos y secos que favorecen una rápida ignición y propagación (Jurdao, Chuvieco, & Arevalillo, 2012). Desde una perspectiva ecológica, la humedad de la vegetación no solo modula la inflamabilidad, sino que también refleja procesos ecosistémicos asociados al balance hídrico, la fenología y la estructura de la cobertura

vegetal, estableciendo retroalimentaciones entre el fuego y la dinámica de la vegetación (Loudermilk, y otros, 2022) (McLauchlan, y otros, 2020). A partir del mapa de cobertura vegetal y de información específica que se tiene sobre los contenidos de humedad para los diferentes tipos de combustibles y/o ecosistemas (expresados en porcentaje), se genera una reclasificación de las coberturas, asignando de acuerdo a su contenido de humedad (humedad de la vegetación) una calificación (**Figura 3.2.1-58**, **Tabla 3.2.1-38** y **Tabla 3.2.1-39**).

Tabla 3.2.1-38 Contenido de humedad por cobertura vegetal en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	Código	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
Arenales	**3312**	No aplica 0%
Arroz	**2121**	30–60%
Bosque de galería y/o ripario	**314**	80–100%
Bosque denso alto de tierra firme	**31111**	60–80%
Bosque denso alto inundable	**31112**	80–100%
Cacao	**2223**	60–80%
Café	**2222**	60–80%
Canales	**513**	No aplica 0%
Cítricos	**2233**	60–80%
Cuerpos de agua artificiales	**514**	No aplica 0%
Cultivos agroforestales	**224**	60–80%
Cultivos permanentes arbóreos	**223**	60–80%
Cultivos permanentes arbustivos	**222**	60–80%
Cultivos permanentes herbáceos	**221**	30–60%
Estanques para acuicultura continental	**5143**	No aplica 0%
Explotación de hidrocarburos	**1312**	No aplica 0%
Herbazal denso inundable arbolado	**321122**	>100%
Herbazal denso inundable no arbolado	**321121**	>100%
Instalaciones recreativas	**142**	No aplica 0%
Lagunas de oxidación	**5142**	No aplica 0%
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	**512**	No aplica 0%
Maíz	**2122**	<30%
Mosaico de cultivos	**241**	30–60%
Otros cultivos transitorios	**211**	30–60%
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	**1321**	No aplica 0%
Palma de aceite	**2232**	60–80%
Palmares	**311123**	80–100%
Pastos arbolados	**232**	30–60%
Pastos enmalezados	**233**	60–80%
Pastos limpios	**231**	<30%
Pastos y árboles plantados	**2241**	30–60%
Plantación forestal	**315**	60–80%
Red vial y territorios asociados	**1221**	No aplica 0%
Ríos	**511**	No aplica 0%
Tejido urbano discontinuo	**112**	No aplica 0%
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	**413**	>100%
Vegetación secundaria alta	**3231**	60–80%
Vegetación secundaria baja	**3232**	30–60%
Yuca	**2152**	30–60%
Zonas industriales o comerciales	**121**	No aplica 0%
Zonas pantanosas	**411**	>100%

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 3.2.1-39 Clasificación de contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	CATEGORIA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
No aplica 0%	Sin riesgo	0
>100%	Muy baja	1
80–100%	Baja	2
60–80%	Moderada	3
30–60%	Alta	4
<30%	Muy alta	5

Fuente: Protocolo para la Realización de mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal, 2011 (IDEAM, 2011)

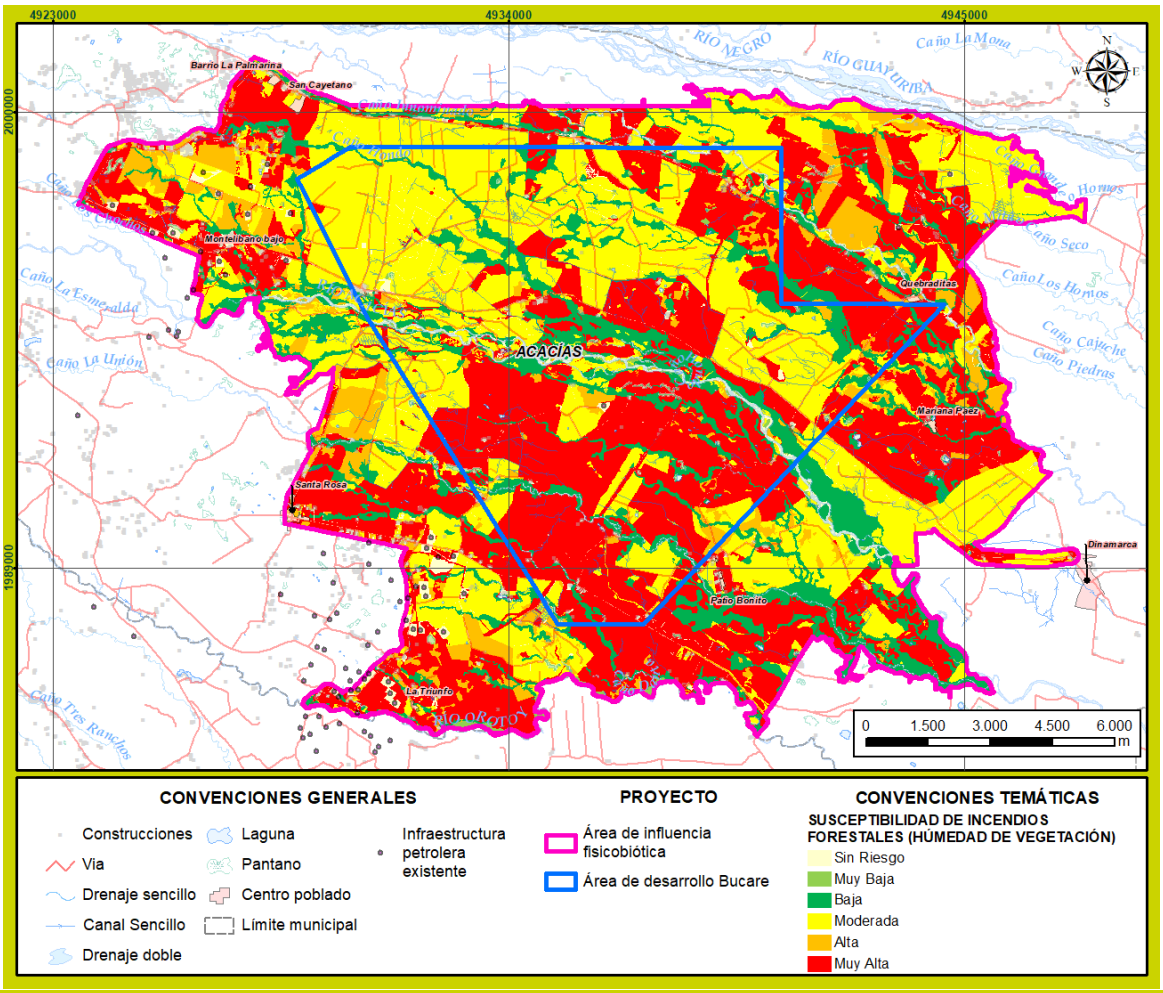


Figura 3.2.1-58 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales por contenido de humedad de la vegetación en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

- **Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales**

Una vez asignadas las respectivas calificaciones y generados los mapas de tipo, duración, humedad 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 rangos de clasificación mediante

una distribución de frecuencias y a cada grupo se le asignó una calificación que varía entre susceptibilidad muy baja (1 - rango menor) a susceptibilidad muy alta (5 - rango mayor) (**Tabla 3.2.1-40**), mediante la siguientes ecuación:

$$SUSC = CAL(tc) + CAL(dc) + CAL(ct) + CAL(hc)\ (1)$$

Dónde:

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
CAL (hc): Calificación de la humedad del combustible

Tabla 3.2.1-40 Calificación de la susceptibilidad a la amenaza por incendios forestales

GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	CÓDIGO	RANGO DE VALORES	SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS
Sin Riesgo	SR	0	0
Muy Baja	MB	0,01 – 0,20	1
Baja	B	0,20 – 0,40	2
Moderada	M	0,40 – 0,60	3
Alta	A	0,60 – 0,80	4
Muy Alta	MA	0,80 – 1.0	5

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Con base en los análisis de las diferentes capas temáticas y su correspondiente valoración, se identificó para el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare la susceptibilidad de la cobertura vegetal a los incendios corresponde a las categorías de Sin Riesgo, Muy Baja, Moderada, Alta y Muy Alta, las cuales se relacionan en la **Tabla 3.2.1-41** y **Figura 3.2.1-59**.

Tabla 3.2.1-41 Resumen de la calificación general de grado de susceptibilidad a la amenaza por incendios forestales en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	TIPO DE COMBUSTIBLE	DURACION DEL COMBUSTIBLE	CARGA TOTAL DE COMBUSTIBLES	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	SSUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS	GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	CÓDIGO
Arenales	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Arroz	4	2	2	4	5	Muy Alta	MA
Bosque de galería y/o ripario	1	3	4	2	4	Alta	A
Bosque denso alto de tierra firme	1	3	4	3	4	Alta	A
Bosque denso alto inundable	1	3	4	2	4	Alta	A
Cacao	3	2	3	3	4	Alta	A
Café	3	2	3	3	4	Alta	A
Canales	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Cítricos	1	3	4	3	4	Alta	A
Cuerpos de agua artificiales	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Cultivos agroforestales	5	2	3	3	5	Muy Alta	MA
Cultivos permanentes arbóreos	1	3	4	3	4	Alta	A

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	TIPO DE COMBUSTIBLE	DURACION DEL COMBUSTIBLE	CARGA TOTAL DE COMBUSTIBLES	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	SSUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS	GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	CÓDIGO
Cultivos permanentes arbustivos	3	2	3	3	4	Alta	A
Cultivos permanentes herbáceos	4	2	3	4	5	Muy Alta	MA
Estanques para acuicultura continental	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Explotación de hidrocarburos	0	0	2	0	1	Muy Baja	MB
Herbazal denso inundable arbolado	4	2	2	1	4	Alta	A
Herbazal denso inundable no arbolado	4	2	2	1	4	Alta	A
Instalaciones recreativas	5	1	2	0	3	Moderada	M
Lagunas de oxidación	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Maíz	4	2	2	5	5	Muy Alta	MA
Mosaico de cultivos	4	2	2	4	5	Muy Alta	MA
Otros cultivos transitorios	4	2	2	4	5	Muy Alta	MA
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Palma de aceite	1	3	4	3	4	Alta	A
Palmares	1	3	4	2	4	Alta	A
Pastos arbolados	5	1	2	4	5	Muy Alta	MA
Pastos enmalezados	5	1	2	3	4	Alta	A
Pastos limpios	5	1	2	5	5	Muy Alta	MA
Pastos y árboles plantados	5	2	3	4	5	Muy Alta	MA
Plantación forestal	1	3	4	3	4	Alta	A
Red vial y territorios asociados	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Ríos	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Tejido urbano discontinuo	0	0	1	0	1	Muy Baja	MB
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	4	1	2	1	3	Moderada	M
Vegetación secundaria alta	2	2	3	3	4	Alta	A
Vegetación secundaria baja	2	2	3	4	4	Alta	A
Yuca	4	2	2	4	5	Muy Alta	MA
Zonas industriales o comerciales	0	0	0	0	0	Sin Riesgo	SR
Zonas pantanosas	4	1	2	1	3	Moderada	M

Fuente: SGI S.A.S, 2025

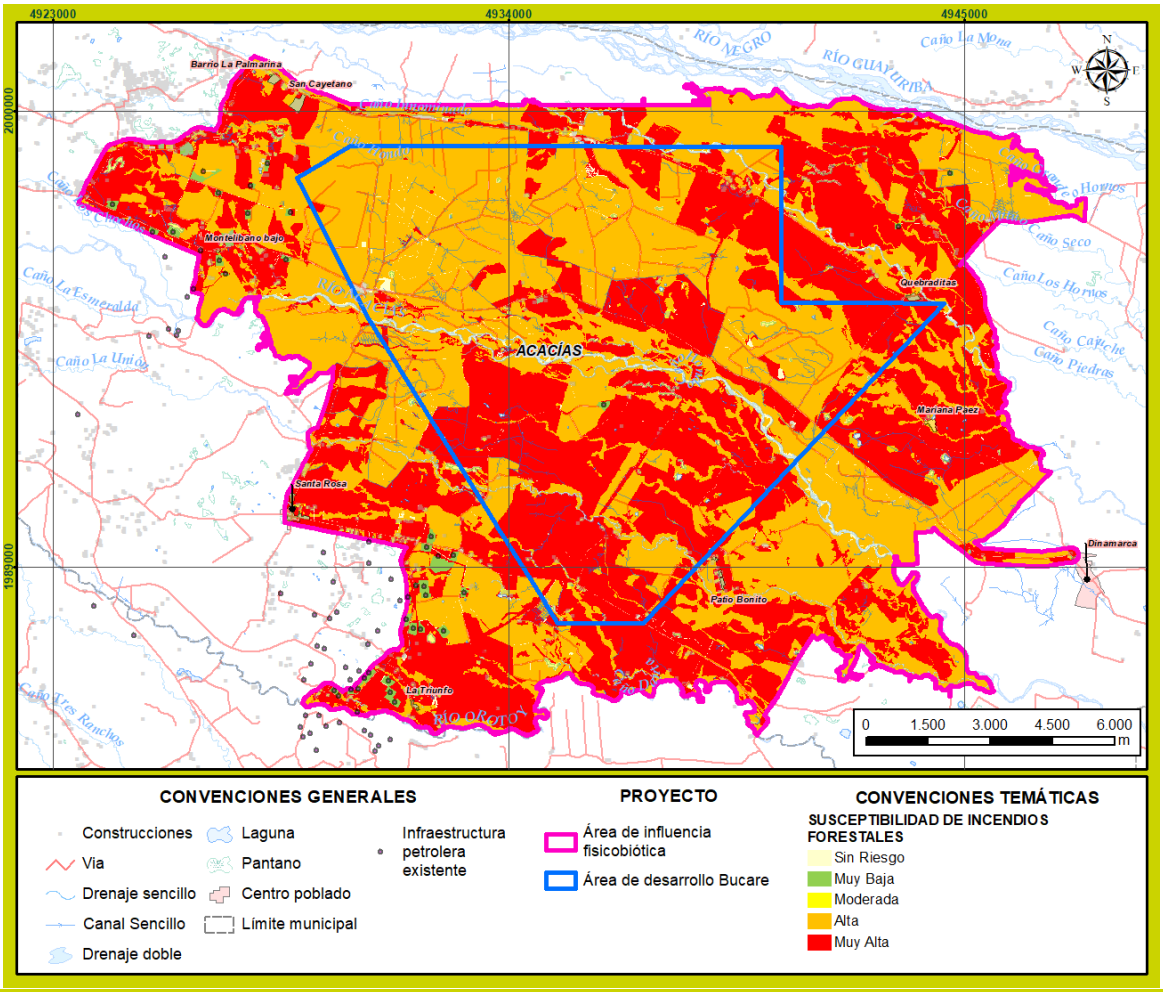


Figura 3.2.1-59 Mapa de susceptibilidad a incendios forestales en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

Teniendo en cuenta lo anterior, las coberturas identificadas en el área de influencia físico – biótica presentan una susceptibilidad de categoría principalmente Alta con un 51,88% que corresponden a 12971,88 ha, seguida de Muy Alta con el 44,70% abarcando un área de 11176,93 ha como se puede evidenciar en la **Tabla 3.2.1-42.**

Tabla 3.2.1-42 Susceptibilidad por incendio forestal por área para el Área de Desarrollo Bucare

GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Sin Riesgo	499,91	2,00
Muy Baja	210,01	0,84
Baja	0,00	0,00
Moderada	146,31	0,59
Alta	12971,88	51,88
Muy Alta	11176,93	44,70
TOTAL	**25005,03**	**100,00**

Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.3.4.2 Factores climáticos

El clima influye de manera determinante en la ocurrencia y propagación de incendios forestales, ya que condiciona la duración e intensidad de las temporadas secas y calurosas en cada región. Estas condiciones afectan directamente la humedad del suelo y de la vegetación, así como la cantidad de material combustible disponible, incrementando la susceptibilidad de la cobertura vegetal al fuego. Por ello, la evaluación de los factores climáticos —especialmente la precipitación y la temperatura— resulta esencial para estimar el nivel de amenaza de incendios bajo las condiciones ambientales predominantes en el país (Adaptado de CONIF-MAVDT, 2008; Páramo, 2010) (IDEAM, 2011).

- **Análisis de amenaza por la precipitación**

Por lo anterior, se efectúa una valoración de las condiciones climáticas precipitación y temperatura, para generar mapas de variables climáticas. Con respecto a la precipitación, el IDEAM (2011) ha categorizado el valor de la amenaza a incendios forestales por la precipitación como se muestra en la **Tabla 3.2.1-43.**

Tabla 3.2.1-43 Categorías de amenaza por incendio forestal en función de la precipitación media anual

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (MM)	CATEGORÍA DE LA AMENAZA	CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA
Pluvial (>7000)	Muy Baja	1
Muy húmedo (3000 – 7000)	Baja	2
Húmedo (2000 – 3000)	Media	3
Seco (1000 – 2000)	Alta	4
Muy seco (500 – 1000)	Muy Alta	5
Árido (0 – 500)	Muy Baja	5

Fuente: Protocolo para la Realización de mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal, 2011 (IDEAM, 2011)

El área de influencia físico – biótica del proyecto presenta un rango de precipitación media anual que fluctúa entre los 3170 - 3890 mm, cuya calificación sería muy húmedo correspondiendo a una categoría Baja como se puede observar en la **Figura 3.2.1-60.** La información presentada se tomó del análisis de zonificación climática, el cual se encuentra adscrito al capítulo del componente atmosférico.

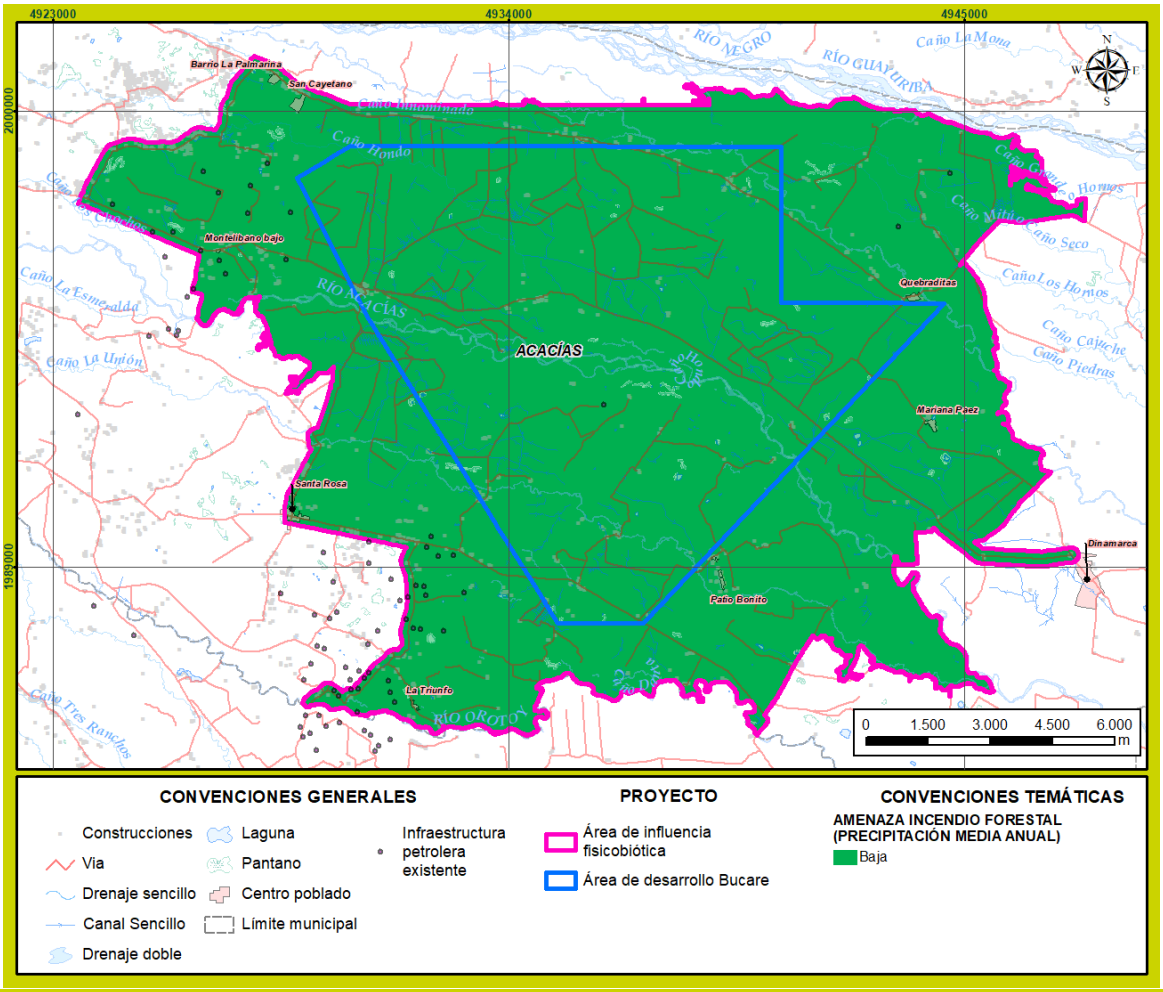


Figura 3.2.1-60 Mapa de amenaza por incendio forestal en función de la precipitación media anual en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

- **Análisis de amenaza por la temperatura**

Como se mencionó anteriormente, la evaluación de los factores climáticos implica la evaluación de la amenaza de incendio forestal por la temperatura, para lo cual, el IDEAM (2011) ha categorizado el valor de amenaza y su calificación como se muestra en la **Tabla 3.2.1-44.**

Tabla 3.2.1-44 Categorías de amenaza por incendio forestal por la temperatura

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	CATEGORÍA DE LA AMENAZA	CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA
Nivel (<1.5)	Muy Baja	1
Extremadamente frio (1.5 – 6)	Muy Baja	1
Muy frio (6 – 12)	Baja	2
Frío (12 – 18)	Moderada	3
Templado (18 – 24)	Alta	4
Cálido (> 24)	Muy Alta	5

Fuente: Protocolo para la Realización de mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal, 2011 (IDEAM, 2011)

El área de estudio presenta una temperatura >24°C para el municipio de Puerto Gaitán teniendo una categoría de amenaza Muy Alta tal y como se presenta en la **Figura 3.2.1-61**.

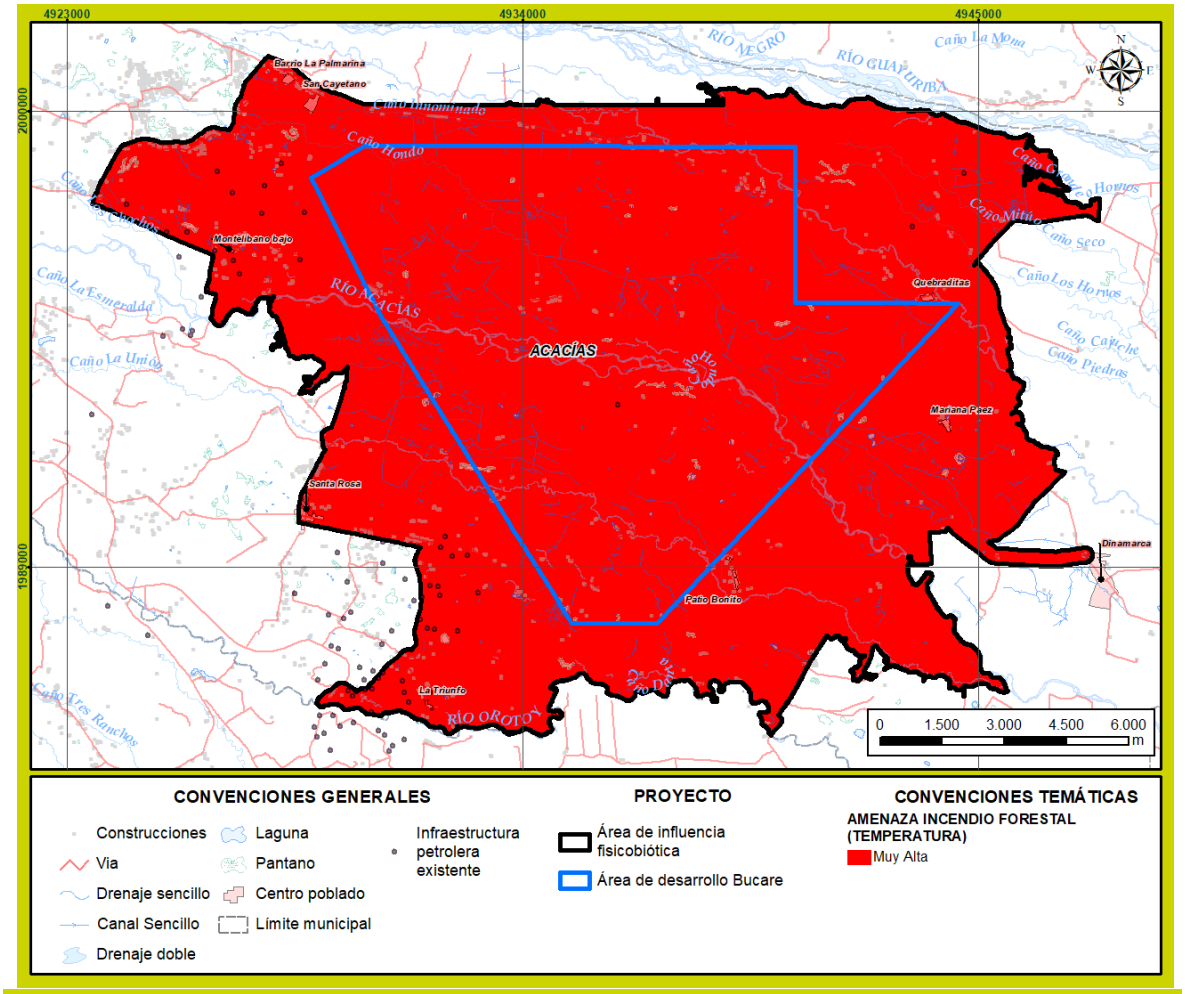


Figura 3.2.1-61 Mapa de amenaza por incendio forestal en función de la temperatura media anual en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

3.2.1.3.4.3 Factor relieve

La topografía y el relieve del terreno son aspectos importantes para considerar en el análisis de amenaza por incendios forestales, puesto que la pendiente del terreno define la propagación y el comportamiento del fuego", lo cual se debe a que "aguas arriba los fenómenos de convección y radiación son más eficientes; por ello, mientras más inclinadas sean las laderas, mayor será la velocidad de propagación del fuego" (IDEAM, 2011).

- **Análisis de amenaza por la pendiente**

La propagación del fuego aumenta con el ángulo de inclinación de la pendiente del terreno; cuando se presenta a favor de la pendiente es rápida y peligrosa (ver **Tabla 3.2.1-45**).

Tabla 3.2.1-45 Categorías de amenaza por incendio forestal en función de las pendientes del terreno

GRADOS DE PENDIENTE	CLASIFICACION DE PENDIENTE (%)	CATEGORÍA DE LA AMENAZA	CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA
0 – 3,15	0 - 7	Muy Baja	1
3,16 – 5,40	7 – 12	Baja	2
5,41 – 11,25	12 – 25	Moderada	3
11,26 – 33,75	25 - 75	Alta	4
>33,76	> 75	Muy Alta	5

Fuente: Protocolo para la Realización de mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal, 2011 (IDEAM, 2011)

En el 98,36% del área de estudio se observa una topografía ligeramente inclinada en el cual se presentan pendientes de 0 – 7%, es decir que el terreno presenta inclinación de 0 a 3,15°, esto indica que la categoría de amenaza más relevante es muy baja como se puede evidenciar en la **Tabla 3.2.1-46** y la **Figura 3.2.1-62**.

Tabla 3.2.1-46 Amenaza por incendio forestal en función de las pendientes del terreno

GRADOS DE PENDIENTE	CLASIFICACION DE PENDIENTE (%)	CATEGORÍA DE LA AMENAZA	CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
0 – 3,15	0 - 7	Muy Baja	1	24593,84	98,36
3,16 – 5,40	7 – 12	Baja	2	312,08	1,25
5,41 – 11,25	12 – 25	Moderada	3	92,71	0,37
11,26 – 33,75	25 - 75	Alta	4	6,40	0,03
>33,76	> 75	Muy Alta	5	0	0
Total				**84443,03**	**100**

Fuente: SGI S.A.S., 2025.

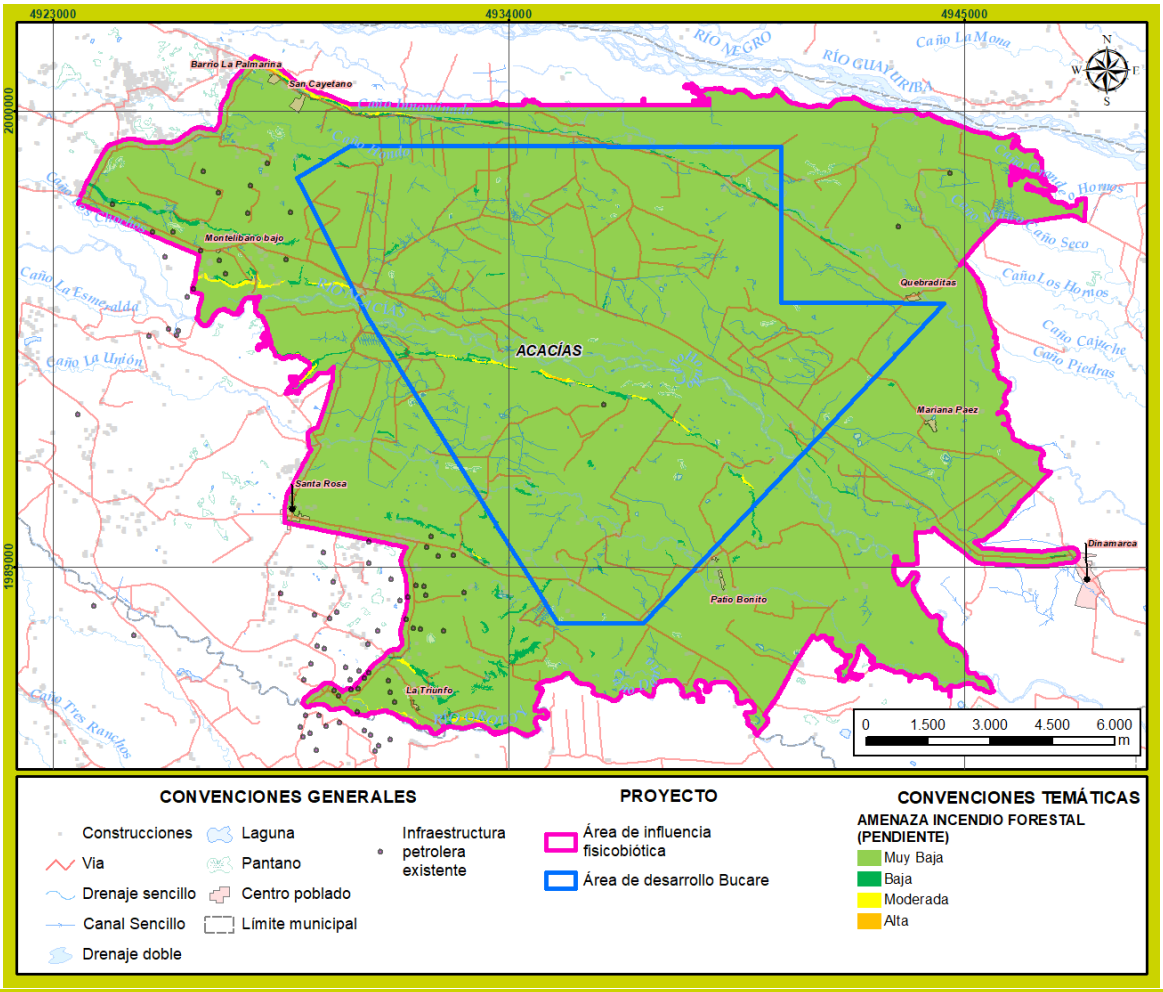


Figura 3.2.1-62 Mapa de amenaza por incendio forestal en función de las pendientes del terreno en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare Fuente: SGI S.A.S., 2025.

- **Análisis de amenaza por accesibilidad**

La accesibilidad se considera parte de la amenaza a incendios de la cobertura vegetal, debido a que es un factor determinante en la probabilidad de que la población pueda acceder a las áreas con coberturas vegetal susceptibles y generar focos de incendios (IDEAM, 2011).

A partir del mapa vial (vías tipo de 2 a 5) se generaron cinco zonas buffer adscritas a un grosor individual de 500 m, el cual posteriormente se reclasificó y calificó con base en la amenaza por accesibilidad asociada a cada una de las distancias viales, como se observa en la **Tabla 3.2.1-47**.

Tabla 3.2.1-47 Categorías de amenaza por incendio forestal en función de la accesibilidad

ACCESIBILIDAD	AMENAZA	CALIFICACIÓN
0 – 500	Muy Alta	5
500 – 1000	Alta	4
1000 – 1500	Media	3
1500 – 2000	Baja	2
>2000	Muy Baja	1

Fuente: SGI S.A.S., 2025.

En la **Tabla 3.2.1-48** y **Figura 3.2.1-63** se relacionan las categorías de accesibilidad presentes en el área de influencia físico – biótica del proyecto, con su respectiva calificación de amenaza por incendio forestal.

Tabla 3.2.1-48 Amenaza por incendio forestal en función de la accesibilidad

CALIFICACIÓN	AMENAZA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
5	Muy Alta	16796,04	32,83
4	Alta	5986,50	23,94
3	Media	1300,76	5,20
2	Baja	541,00	2,16
1	Muy Baja	380,73	1,52
TOTAL		**25005,03**	**100,00**

Fuente: SGI S.A.S., 2025.

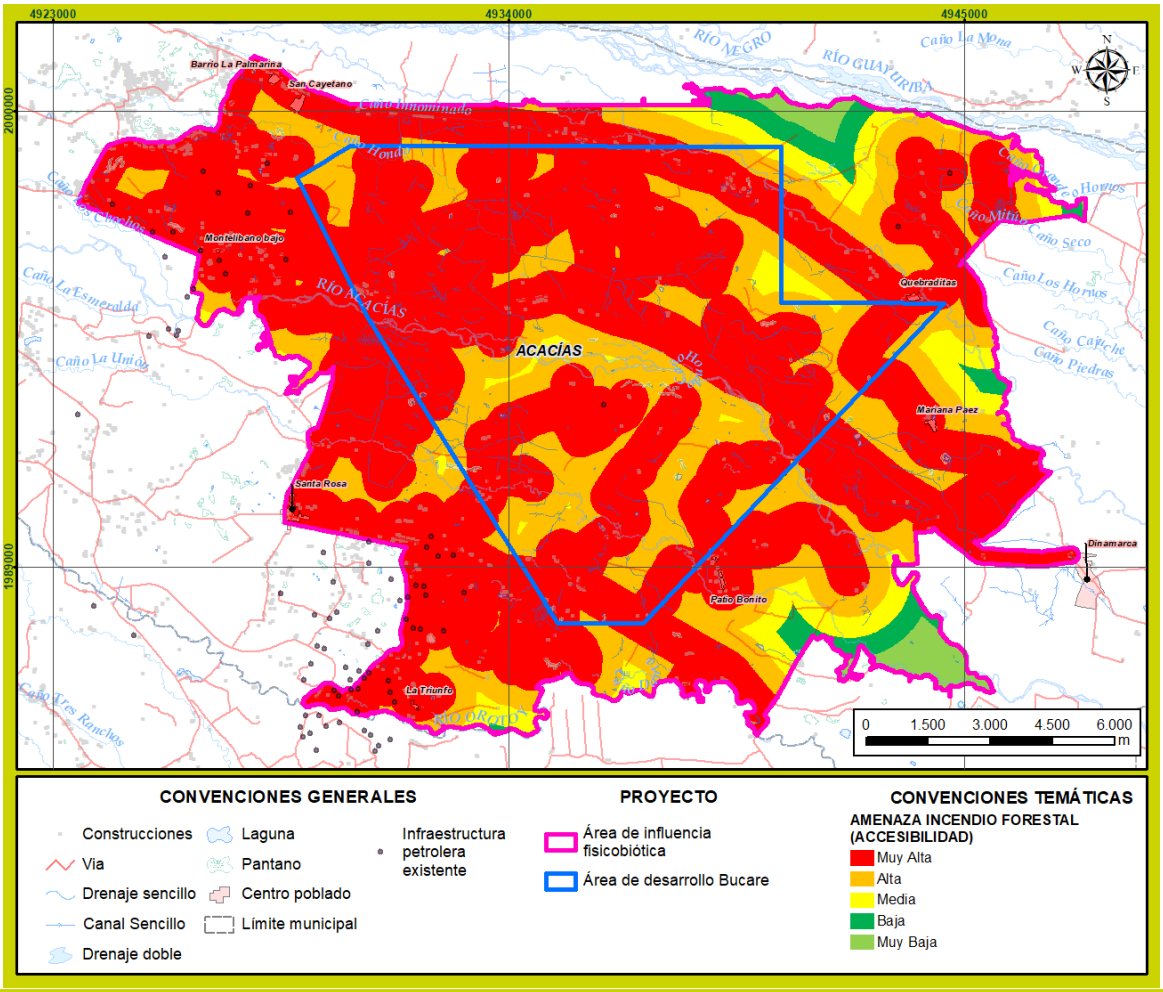


Figura 3.2.1-63 Mapa de amenaza por incendio forestal en función de la accesibilidad en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

3.2.1.3.4.4 Factor histórico

➢ **Frecuencia de históricos de incendios forestales**

El análisis del factor histórico se realizó a partir de los registros de anomalías térmicas del portal **FIRMS** de la **NASA**, provenientes de los sensores MODIS (C6.1), VIIRS Suomi-NPP (C2), VIIRS NOAA-20 (C2) y VIIRS NOAA-21 (NRT)[6]. Los datos fueron descargados para el periodo 2016–2025 y posteriormente reproyectados al sistema de referencia del proyecto.

A partir de la capa consolidada se aplicó un corte espacial al área de influencia del proyecto, obteniéndose el conjunto de puntos correspondientes únicamente a eventos ocurridos dentro del área del proyecto.

Con base en estos datos, se calculó el índice de frecuencia de incendios (Fi), siguiendo la metodología establecida en el Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal – Escala 1:100.000 del año 2011 (IDEAM, 2011), mediante la expresión:

$$Fi = \frac{1}{a}\sum_{1}^{a} n_i$$

Donde:

a = Número de años analizados (2016–2025 = 10 años),

n_i = Número de eventos registrados por año.

La suma total de eventos obtenida para el área de influencia para el periodo analizado fue de 24, obteniéndose un valor:

$$Fi = \frac{24}{10} = 2{,}4\ incendios/año$$

Posteriormente, el índice Fi fue normalizado en una escala de 0 a 1 según el numeral 3.1.1 del protocolo, obteniéndose un valor normalizado de:

$$F_{norm} = 0{,}48$$

Finalmente, el resultado fue clasificado en cinco rangos de acuerdo con el proceso de categorización del mismo numeral, ubicando el área de influencia en la categoría 3 – Amenaza **Moderada** para el factor histórico.

Tabla 3.2.1-49 Amenaza de la vegetación a incendios forestales por frecuencia histórica

RANGO NORMALIZADO	CALIFICACIÓN AMENAZA TOTAL	CATEGORÍA AMENAZA TOTAL
0,0 – 0,2	1	Muy baja
0,2 – 0,4	2	Baja
0,4 – 0,6	3	Moderada
0,6 – 0,8	4	Alta
0,8 – 1,0	5	Muy alta

Fuente: SGI S.A.S, 2025

[6] NASA. (2025). Fire Information for Resource Management System (FIRMS). Consultado el 20 de noviembre de 2025, de https://www.earthdata.nasa.gov/learn/find-data/near-real-time/firms

Con el fin de representar espacialmente la distribución histórica de incendios forestales, se generó un mapa de densidad Kernel siguiendo los puntos reportados por NASA FIRMS dentro del área de influencia. Esta figura es de carácter ilustrativo y no sustituye el índice de frecuencia (Fi) calculado según el protocolo, el cual arrojó una categoría final de amenaza **moderada**.

Es importante aclarar que el índice de frecuencia de incendios (FI) se obtiene mediante el análisis estadístico anual del número de eventos ocurridos dentro del área de influencia durante el periodo evaluado (2015–2025).

Este índice (normalizado y categorizado según el Protocolo Nacional de Amenaza por Incendios Forestales (arrojó una categoría de amenaza “Moderada”, resultado estrictamente del cálculo del promedio anual de eventos por kilómetro cuadrado.

Por su parte, el mapa de densidad de incendios (Kernel Density) no representa el FI ni modifica la categoría asignada. Este mapa constituye una herramienta cartográfica complementaria, cuyo propósito es visualizar la distribución espacial relativa de los puntos de calor dentro del área de influencia.

Debido a que el número de eventos registrados dentro del área de influencia es reducido (24 puntos en 10 años), la densidad espacial presenta zonas muy localizadas de mayor concentración (valores altos representados en amarillo–rojo) y amplias áreas con densidad baja (valores verde claro) (**Figura 3.2.1-64**).

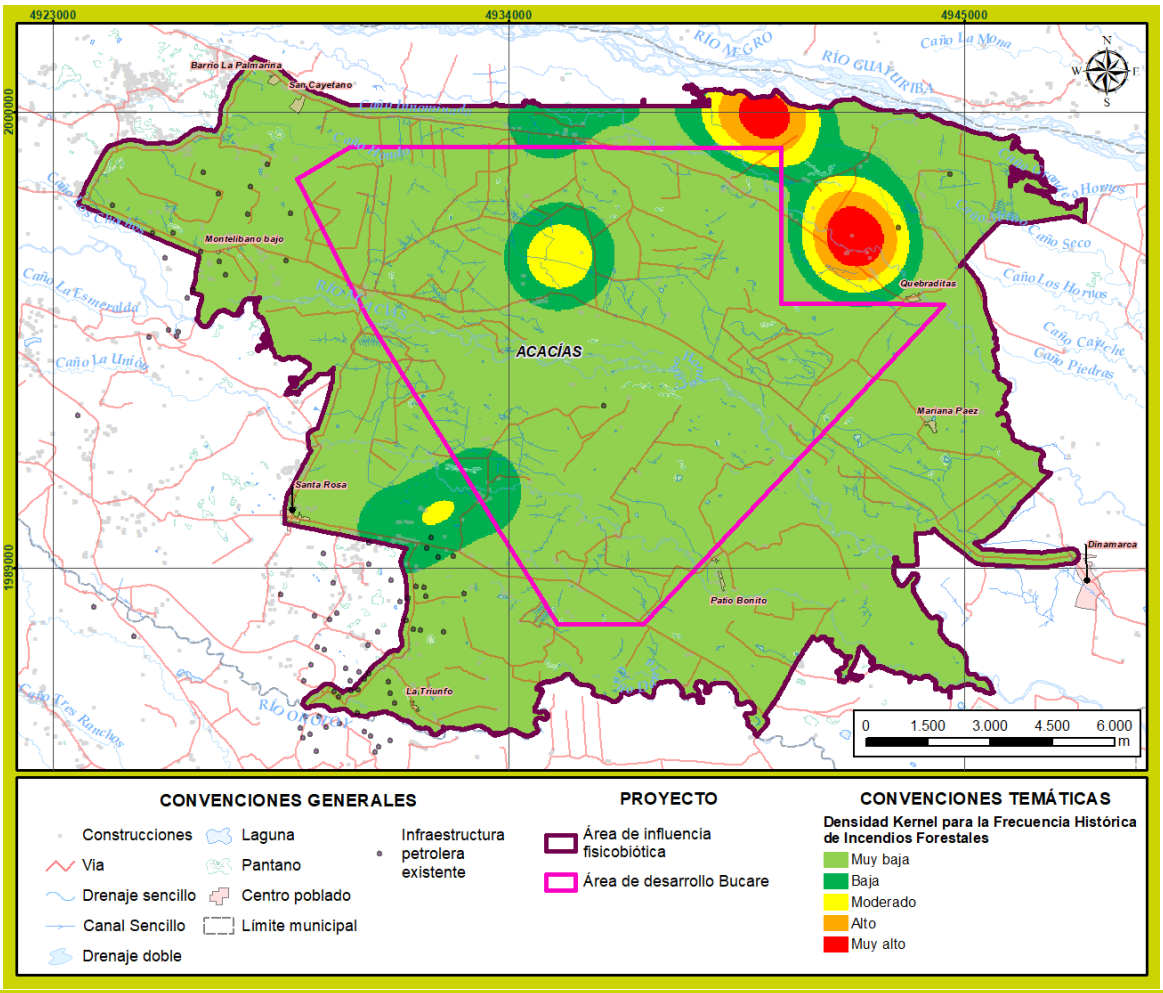


Figura 3.2.1-64 Resultado del Análisis de Densidad Kernel para la Frecuencia Histórica de Incendios Forestales (2015–2025) para el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En consecuencia, la apariencia del mapa de densidad no corresponde directamente a la categoría FI, ya que ambos productos responden a metodologías diferentes y cumplen funciones distintas dentro del proceso de evaluación de amenaza.

Ambos insumos, (FI y mapa Kernel) se presentan de manera complementaria para cumplir con los lineamientos del Protocolo y para evidenciar tanto el comportamiento temporal como la distribución espacial del fenómeno.

De manera conjunta, el índice anual de frecuencia (FI) y la distribución espacial de densidad Kernel permiten comprender tanto la magnitud temporal como la localización probable de ocurrencia de incendios forestales dentro del área de influencia físico – biótica del proyecto, constituyendo una base sólida para el proceso de evaluación de amenaza por incendios forestales.

3.2.1.3.4.5 Cálculo de la amenaza total de incendios forestales

Luego de tener el análisis por amenazas de los factores: Susceptibilidad de la vegetación, Precipitación, Temperatura, Pendientes, y Accesibilidad, se integran en un solo conjunto para

obtener la amenaza total por incendios forestales; para esto se realiza una suma ponderando cada factor de acuerdo con la metodología del IDEAM (2011), y luego una normalización para obtener los rangos de amenaza.

$$Amenaza = susceptibilidad\ de\ la\ vegetación\ x\ (0.17) + precipitación\ x\ (0{,}25) + temperatura\ x\ (0{,}25) + pendientes\ x\ (0{,}03) + accesibilidad\ x\ (0{,}03)$$

El resultado obtenido se agrupó posteriormente en tres (3) categorías mediante una distribución de frecuencias, como se observa en la **Tabla 3.2.1-50**.

Tabla 3.2.1-50 Categorías de amenaza por incendio forestal

VALOR	AMENAZA	CALIFICACIÓN
0 – 0,33	Baja	3
0,33 – 0,67	Media	2
0,67 – 1,00	Alta	1

Fuente: SGI S.A.S., 2025.

Según el análisis realizado, la aplicación de la propuesta metodológica arroja para el área de estudio que el 90,54% presenta una categoría de amenaza alta con un área de 22639,71 ha, seguido del 7,46% que presenta una categoría de amenaza media con un área de 1864,71 ha, finalmente en el área de influencia el 2,00% del área presenta una categoría de amenaza baja con 500,62 ha **(Tabla 3.2.1-51** y **Figura 3.2.1-65).**

Tabla 3.2.1-51 Amenaza por incendio forestal

AMENAZA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Baja	500,62	2,00
Media	1864,71	7,46
Alta	22639,71	90,54
Total	**84443,03**	**100**

Fuente: SGI S.A.S., 2025.

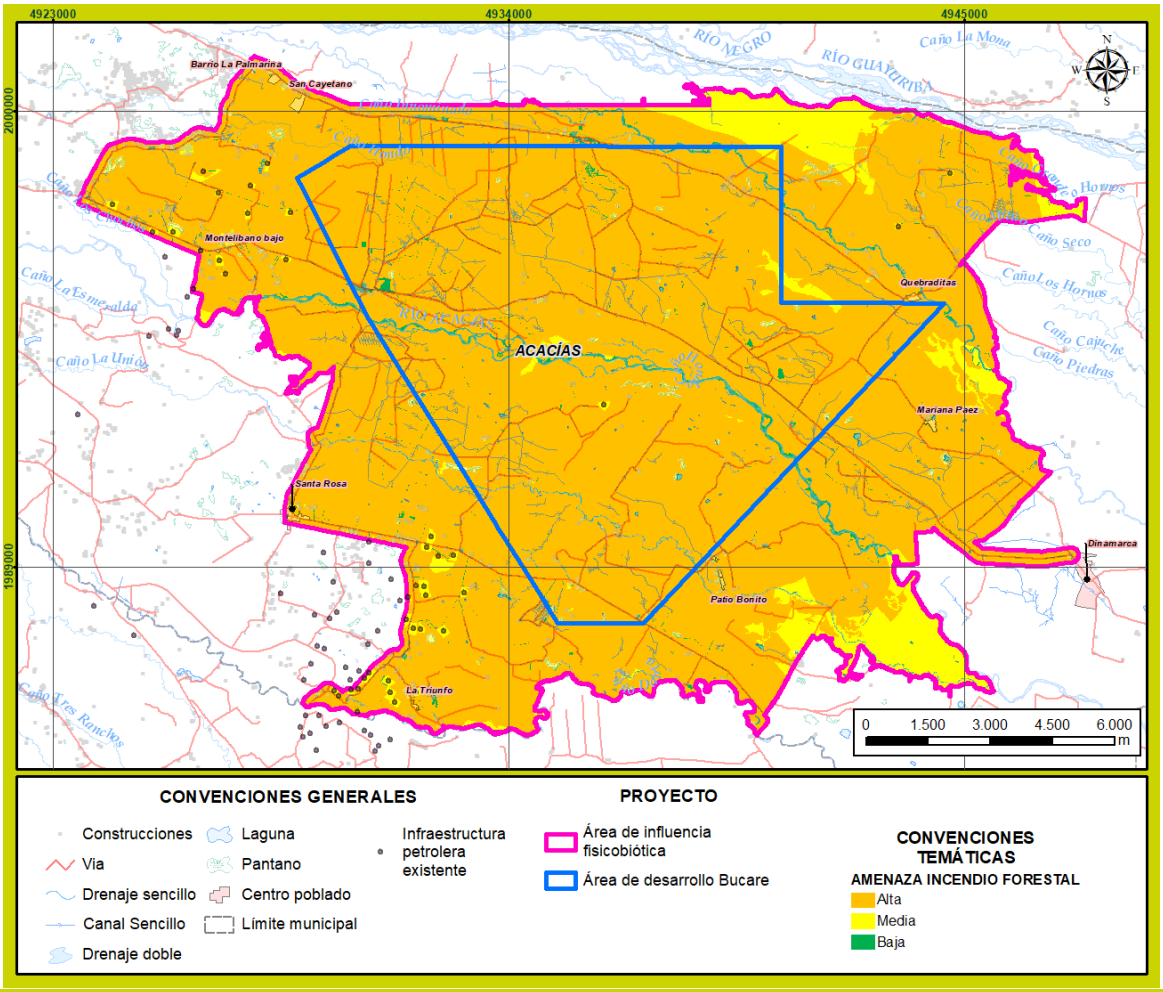
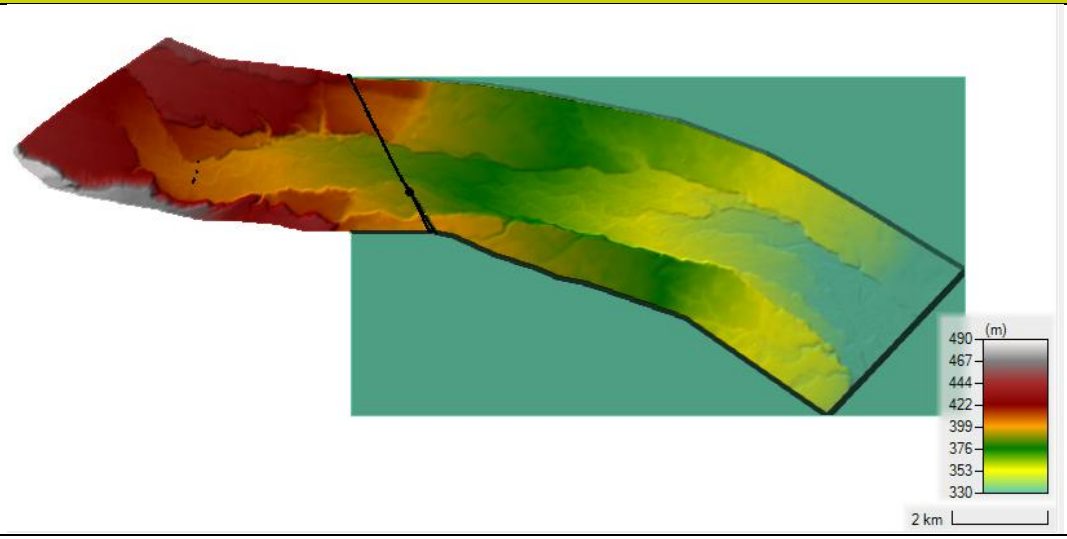


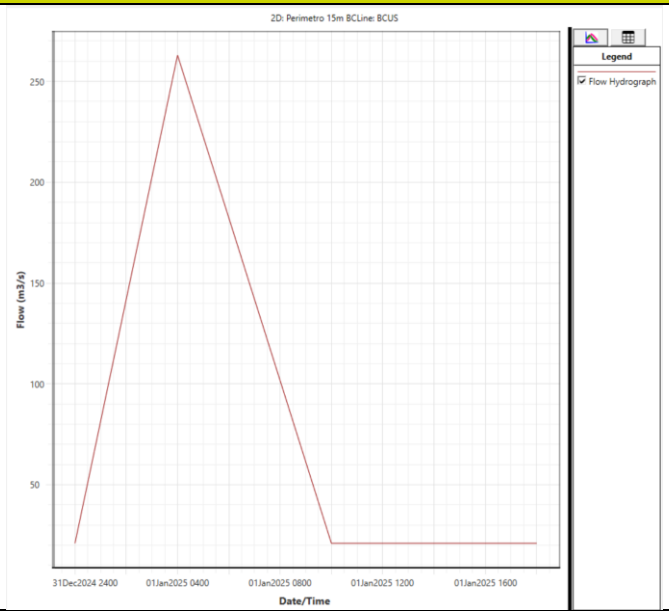
Figura 3.2.1-65 Amenaza por incendio forestal en el área de influencia físico – biótica definida para el Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

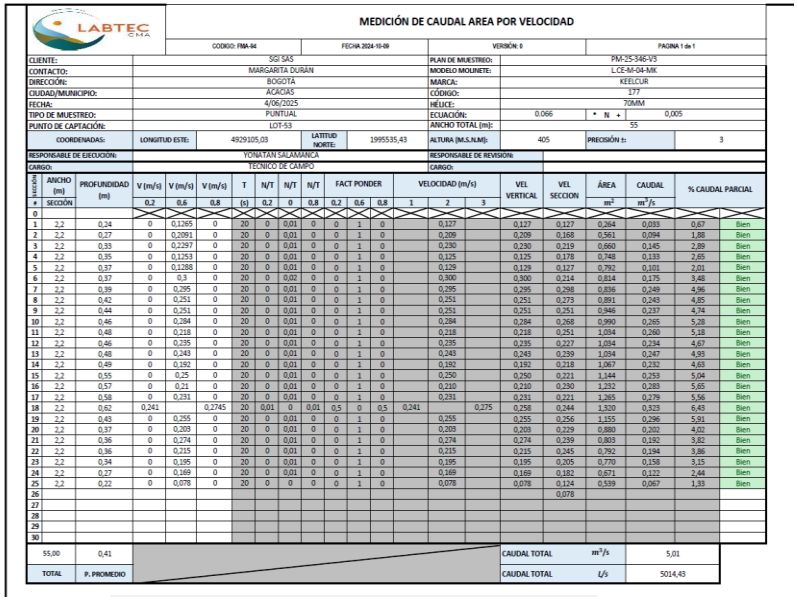
3.2.1.3.5 Amenaza por inundación

Se construyó un modelo hidráulico bidimensional en el software HEC-RAS con licencia libre. Los insumos de la modelación hidráulica son: modelo geométrico, modelo hidrológico, datos de verificación y condiciones de rugosidad. En la **Tabla 3.2.1-52** se presentan los insumos utilizados en la construcción del modelo.

Tabla 3.2.1-52 Insumos del modelo hidráulico 2D

INSUMO	CARGADO EN EL SOFTWARE HEC-RAS	FUENTE
Modelo geométrico		Se utilizó un levantamiento lidar del campo Chichimene que da cubrimiento al tramo aguas arriba del área de desarrollo Bucare. En el área de desarrollo Bucare se contó con un levantamiento lidar a lo largo del río Acacías. El MDE construido se presenta en el Anexos\5. Anexo Abiótico\5.4 Hidrología\5.4.7 Amenaza río Acacías\HEC-RAS_RAcacias_v1\GIS\Raster

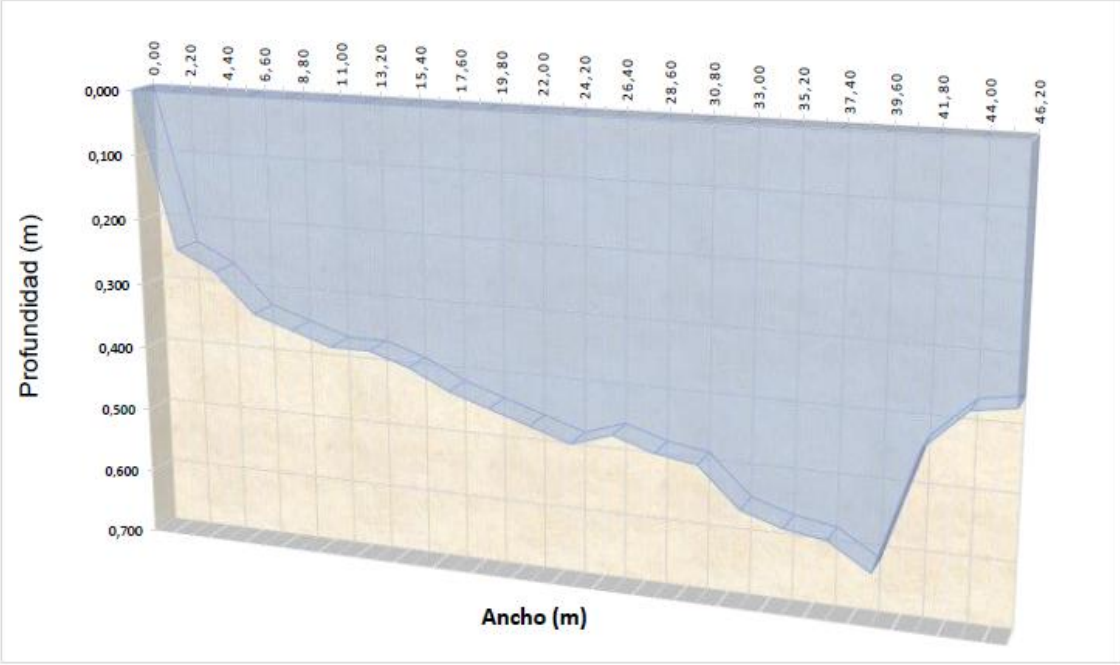
INSUMO	CARGADO EN EL SOFTWARE HEC-RAS	FUENTE
Modelo hidrológico		Incluye los caudales máximos calculados para el río Acacías. Ver Tabla 3.2.1-53

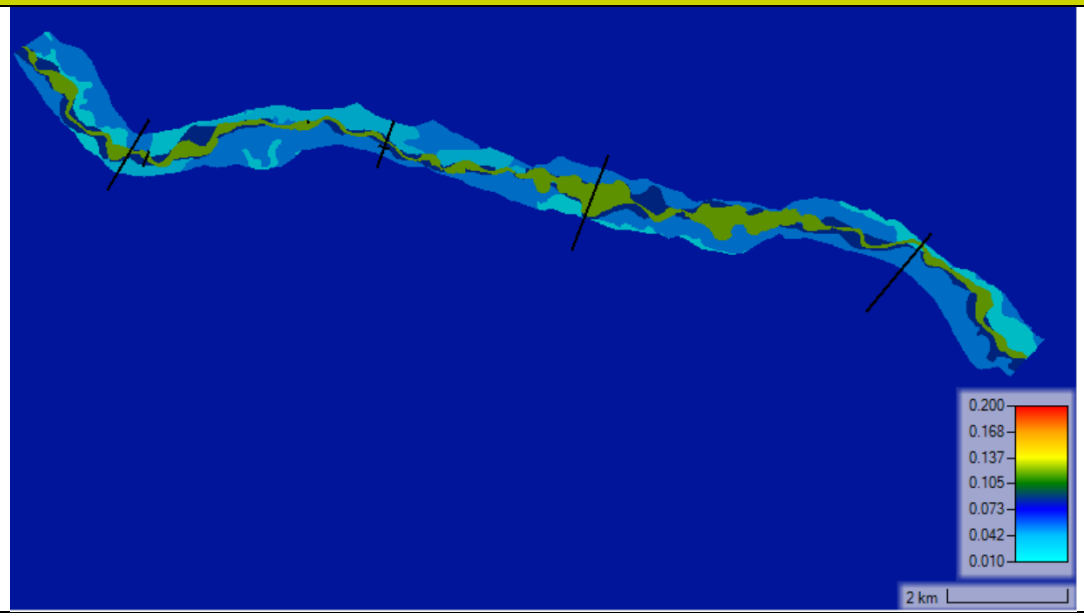
INSUMO	CARGADO EN EL SOFTWARE HEC-RAS	FUENTE
Datos de verificación		Aforo de caudal del río Acacías realizado en el monitoreo del proyecto en el punto de captación con el código LOT-53.

MEDICIÓN DE CAUDAL AREA POR VELOCIDAD

CÓDIGO: FMA-84				FECHA 2024-10-09							VERSIÓN: 0						PAGINA 1 de 1				
CLIENTE:				SGI SAS							PLAN DE MUESTREO:						PM-25-346-V3				
CONTACTO:				MARGARITA DURÁN							MODELO MOLINETE:						LCE-M-04-MK				
DIRECCIÓN:				BOGOTA							MARCA:						KEELCUR				
CIUDAD/MUNICIPIO:				ACACIAS							CÓDIGO:						177				
FECHA:				4/06/2025							HÉLICE:						70MM				
TIPO DE MUESTREO:				PUNTUAL							ECUACIÓN:			0,066	• N +		0,005				
PUNTO DE CAPTACIÓN:				LOT-53							ANCHO TOTAL (m):						55				
COORDENADAS:		LONGITUD ESTE:		4929105,03		LATITUD NORTE:		1995535,43			ALTURA (M.S.N.M):			405	PRECISIÓN ±:			3			
RESPONSABLE DE EJECUCIÓN:				YONATAN SALAMANCA							RESPONSABLE DE REVISIÓN:										
CARGO:				TECNICO DE CAMPO							CARGO:										

#	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	V (m/s)	V (m/s)	V (m/s)	T	N/T	N/T	N/T	FACT PONDER			VELOCIDAD (m/s)			VEL VERTICAL	VEL SECCION	ÁREA	CAUDAL	% CAUDAL PARCIAL	
#	SECCIÓN		0,2	0,6	0,8	(s)	0,2	0	0,8	0,2	0,6	0,8	1	2	3			m^2	m^3/s		
0																					
1	2,2	0,24	0	0,1265	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,127		0,127	0,127	0,264	0,033	0,67	Bien
2	2,2	0,27	0	0,2091	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,209		0,209	0,168	0,561	0,094	1,88	Bien
3	2,2	0,33	0	0,2297	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,230		0,230	0,219	0,660	0,145	2,89	Bien
4	2,2	0,35	0	0,1253	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,125		0,125	0,178	0,748	0,133	2,65	Bien
5	2,2	0,37	0	0,1288	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,129		0,129	0,127	0,792	0,101	2,01	Bien
6	2,2	0,37	0	0,3	0	20	0	0,02	0	0	1	0		0,300		0,300	0,214	0,814	0,175	3,48	Bien
7	2,2	0,39	0	0,295	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,295		0,295	0,298	0,836	0,249	4,96	Bien
8	2,2	0,42	0	0,251	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,251		0,251	0,273	0,891	0,243	4,85	Bien
9	2,2	0,44	0	0,251	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,251		0,251	0,251	0,946	0,237	4,74	Bien
10	2,2	0,46	0	0,284	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,284		0,284	0,268	0,990	0,265	5,28	Bien
11	2,2	0,48	0	0,218	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,218		0,218	0,251	1,034	0,260	5,18	Bien
12	2,2	0,46	0	0,235	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,235		0,235	0,227	1,034	0,234	4,67	Bien
13	2,2	0,48	0	0,243	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,243		0,243	0,239	1,034	0,247	4,95	Bien
14	2,2	0,49	0	0,192	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,192		0,192	0,218	1,067	0,232	4,63	Bien
15	2,2	0,55	0	0,25	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,250		0,250	0,221	1,144	0,253	5,04	Bien
16	2,2	0,57	0	0,21	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,210		0,210	0,230	1,232	0,283	5,65	Bien
17	2,2	0,58	0	0,231	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,231		0,231	0,221	1,265	0,279	5,56	Bien
18	2,2	0,62	0,241		0,2745	20	0,01	0	0,01	0,5	0	0,5	0,241		0,275	0,258	0,244	1,320	0,323	6,43	Bien
19	2,2	0,43	0	0,255	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,255		0,255	0,256	1,155	0,296	5,91	Bien
20	2,2	0,37	0	0,203	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,203		0,203	0,229	0,880	0,202	4,02	Bien
21	2,2	0,36	0	0,274	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,274		0,274	0,239	0,803	0,192	3,82	Bien
22	2,2	0,36	0	0,215	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,215		0,215	0,245	0,792	0,194	3,86	Bien
23	2,2	0,34	0	0,195	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,195		0,195	0,205	0,770	0,158	3,15	Bien
24	2,2	0,27	0	0,169	0	20	0	0,01	0	0	1	0		0,169		0,169	0,182	0,671	0,122	2,44	Bien
25	2,2	0,22	0	0,078	0	20	0	0	0	0	1	0		0,078		0,078	0,124	0,539	0,067	1,33	Bien
26																	0,078				
27																					
28																					
29																					
30																					
55,00		0,41															CAUDAL TOTAL		m^3/s	5,01	
TOTAL		P. PROMEDIO															CAUDAL TOTAL		L/s	5014,43	

INSUMO	CARGADO EN EL SOFTWARE HEC-RAS	FUENTE
		

INSUMO	CARGADO EN EL SOFTWARE HEC-RAS	FUENTE
Condiciones de rugosidad		Las condiciones de rugosidad fueron calibradas con el aforo de caudal y permitieron ajustar el valor de n de Manning.

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

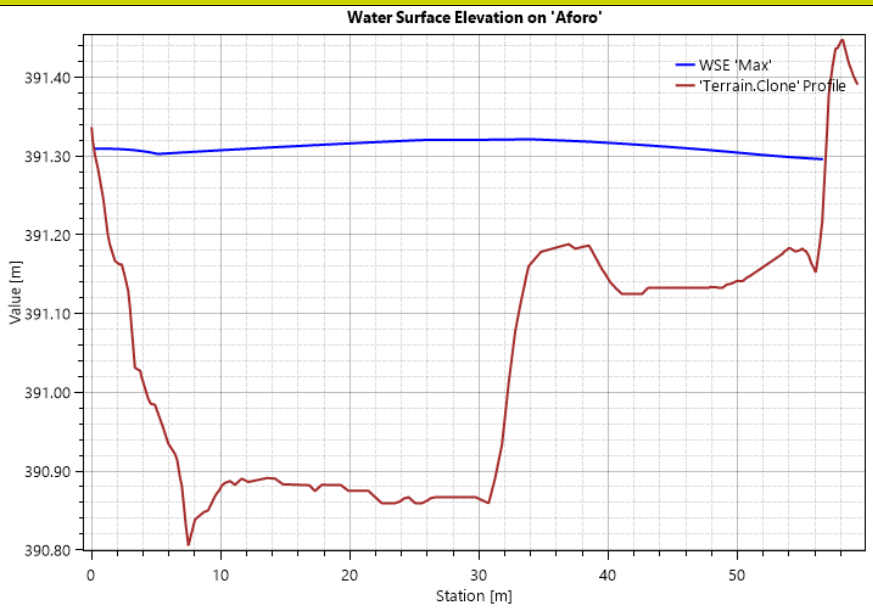
Tabla 3.2.1-53 Hidrogramas de creciente simulados en el río Acacías

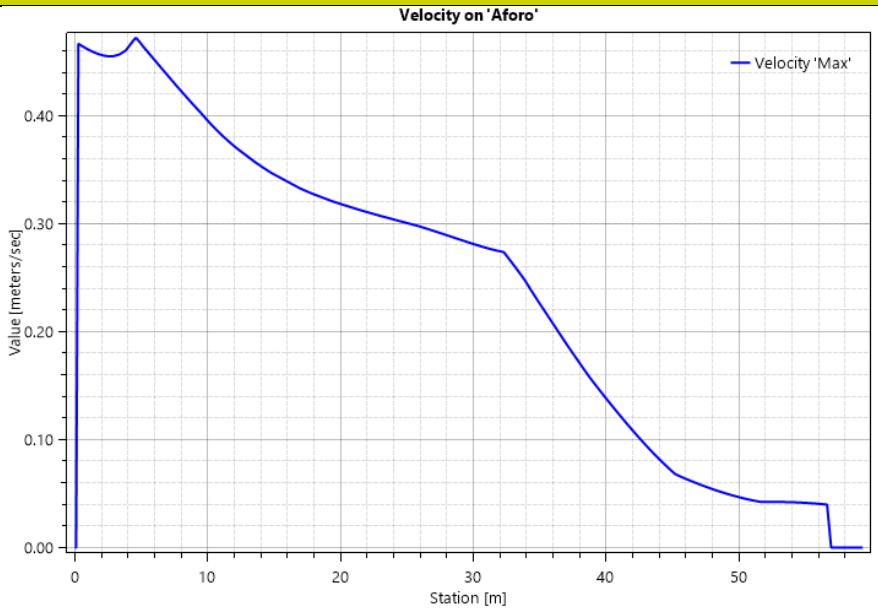
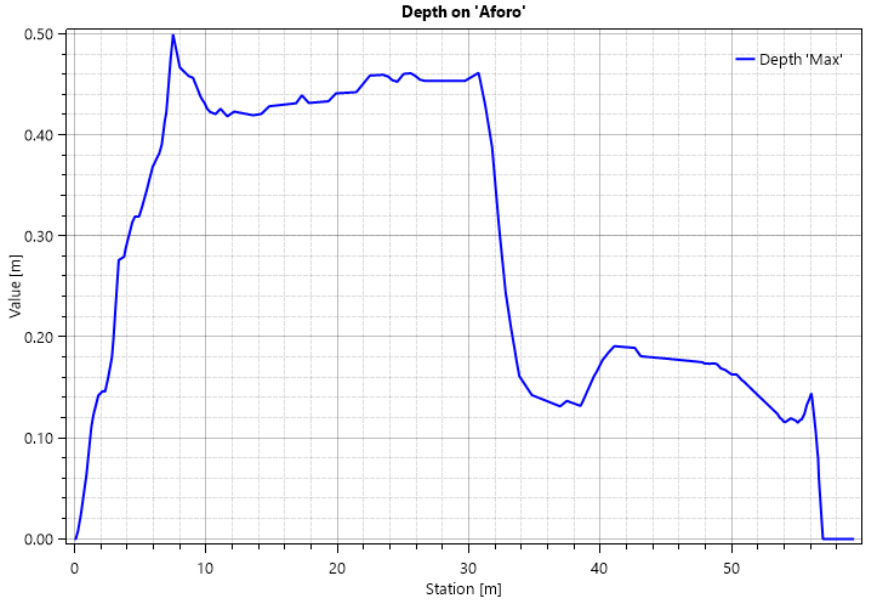
TIEMPO DE RETORNO [años]	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN [minutos]	TIEMPO DE RETRASO [minutos]	TIEMPO AL PICO [minutos]	TIEMPO AL PICO [horas]	TIEMPO BASE [minutos]	TIEMPO BASE [horas]	CAUDAL MÁXIMO [m^3/s]
2	291.0	174.6	230.0	3.8	610	10.17	147.5
5	291.0	174.6	230.0	3.8	610	10.17	177.5
10	291.0	174.6	230.0	3.8	610	10.17	197.6
15	291.0	174.6	230.0	3.8	610	10.17	209.1
25	291.0	174.6	230.0	3.8	610	10.17	223.4
50	291.0	174.6	230.0	3.8	610	10.17	243.1
100	291.0	174.6	230.0	3.8	610	10.17	263.0

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

El chequeo del modelo hidráulico con un caudal transitado de 5,01 m^3/s en el sitio de monitoreo LOT-53 permitió calibrar el coeficiente de rugosidad de Manning con base en el ajuste de la profundidad de agua, velocidad del flujo y ancho del espejo de agua (ver **Tabla 3.2.1-54**).

Tabla 3.2.1-54 Chequeo de modelo hidráulico en punto de aforo LOT-53

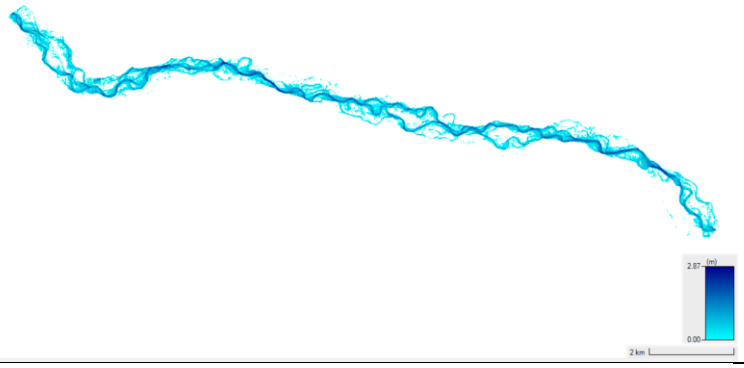
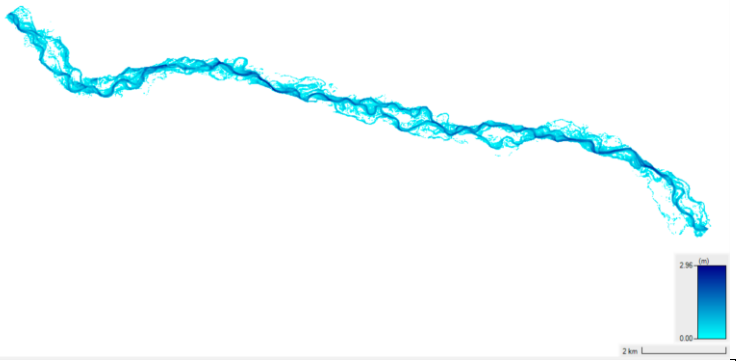
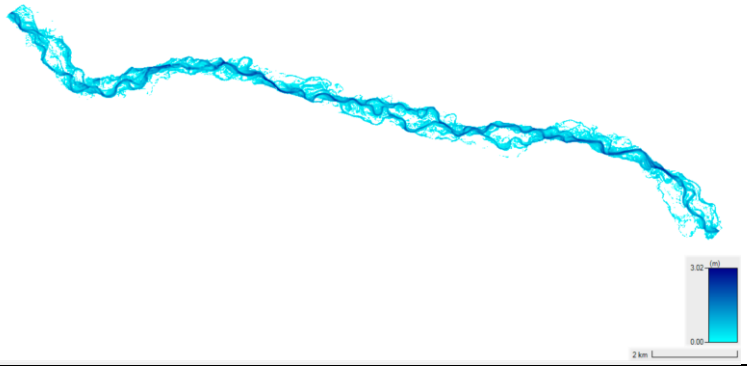
CRITERIO	REPRESENTACIÓN ESPACIAL
Ancho Espejo de agua: el aforo de caudal mostró un ancho de espejo de 55 m y el modelo obtuvo un ancho de 56 m	

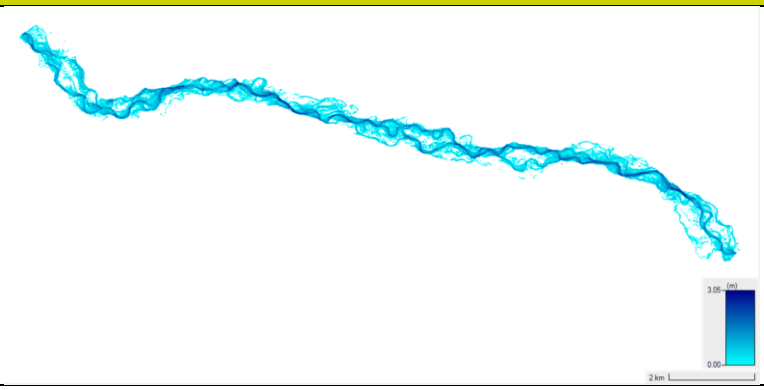
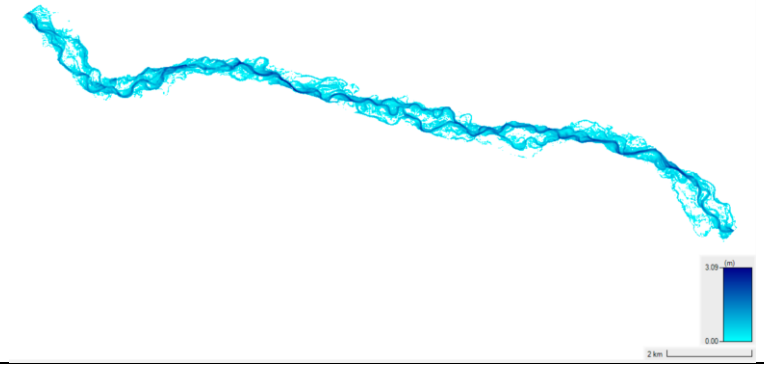
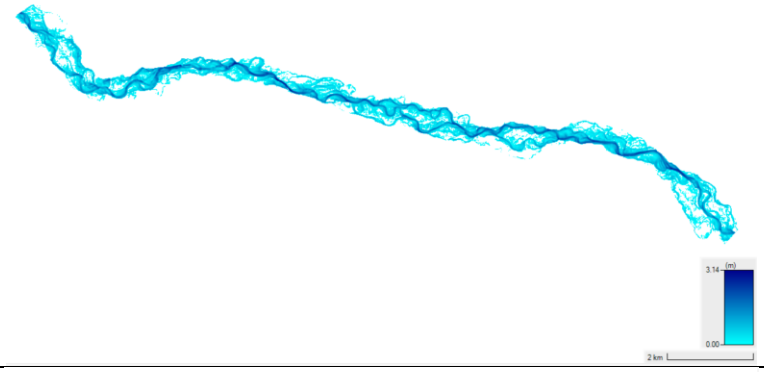
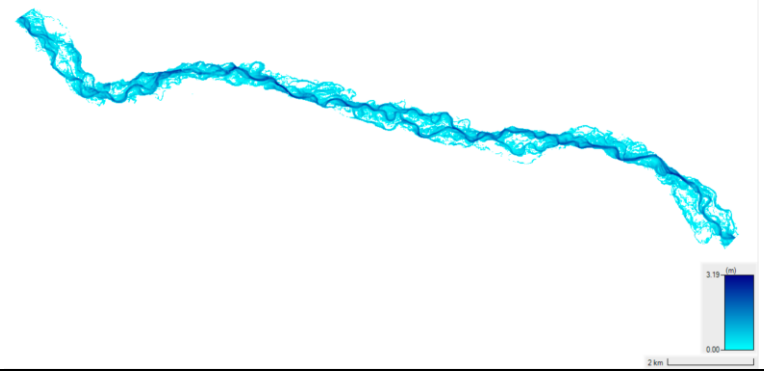
CRITERIO	REPRESENTACIÓN ESPACIAL
Velocidad: la velocidad del aforo es entre 0.078 m/s y 0.3 m/s, en el modelo las velocidades están entre 0.04 m/s y 0.46 m/s. Son rangos de velocidad similares y se considera aceptable.	
Profundidad de agua: la profundidad de agua en el aforo es entre 0.22 m y 0.62 m, en el modelo la profundidad va entre 0.14 m y 0.50 m. Son rangos similares y se considera aceptable.	

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

Con el desarrollo del modelo hidráulico se logró el mapeo de la profundidad, velocidad y elevación superficie de agua de las inundaciones para diferentes tiempos de retorno (ver **Tabla 3.2.1-55, Tabla 3.2.1-56** y **Tabla 3.2.1-57**).

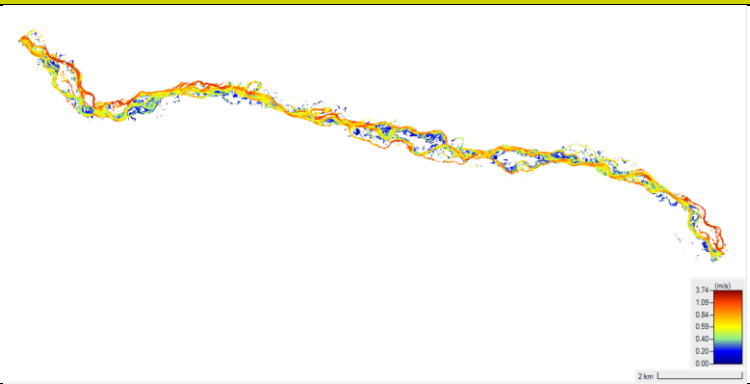
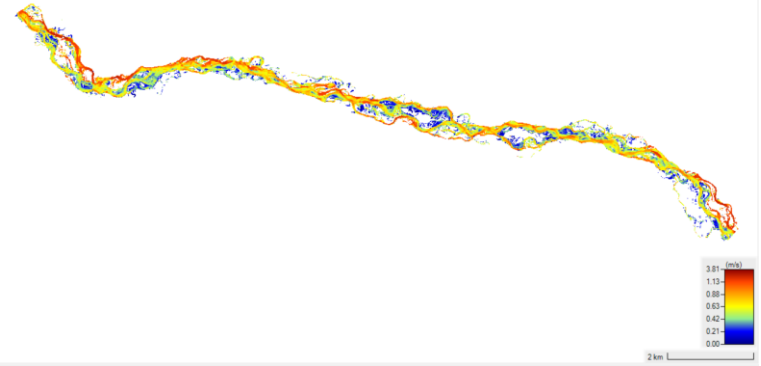
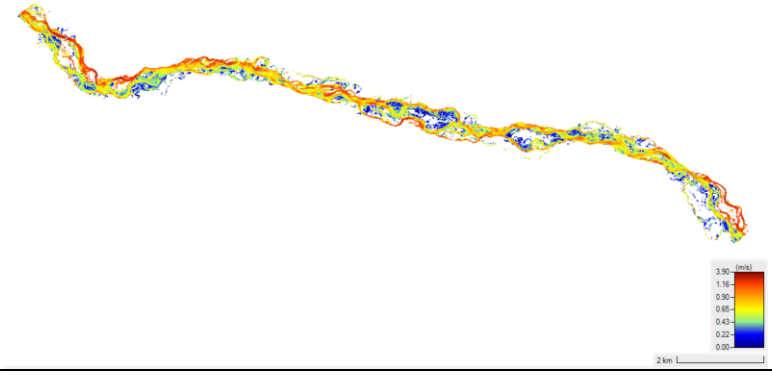
Tabla 3.2.1-55 Profundidad eventos de creciente en el río Acacías para varios tiempos de retorno

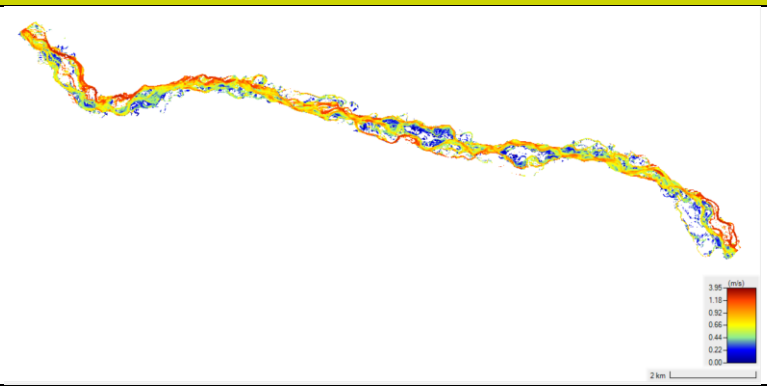
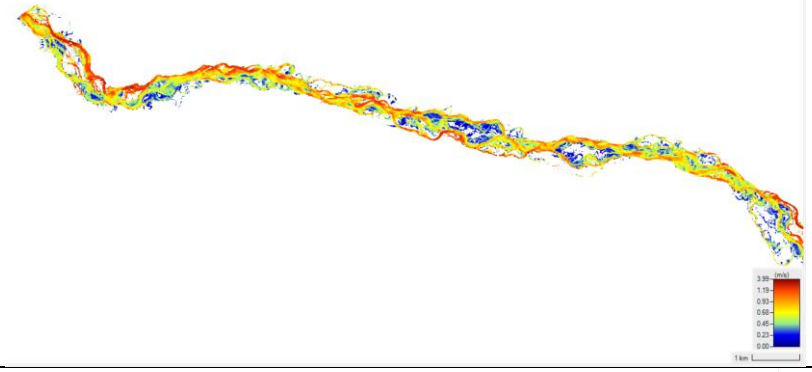
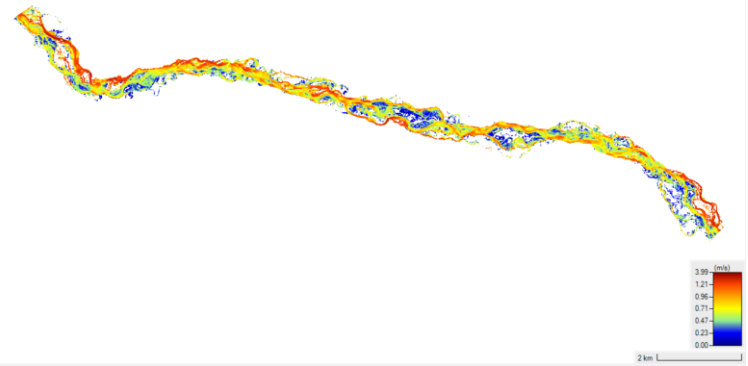
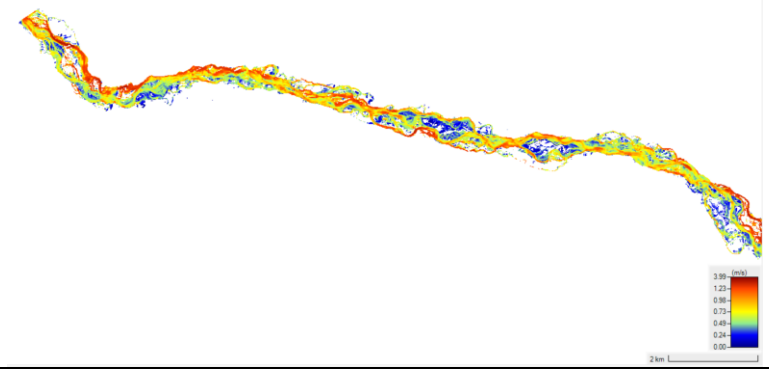
TIEMPO DE RETORNO [años]	REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN VISOR DE HEC-RAS
2	
5	
10	

TIEMPO DE RETORNO [años]	REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN VISOR DE HEC-RAS
15	
25	
50	
100	

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

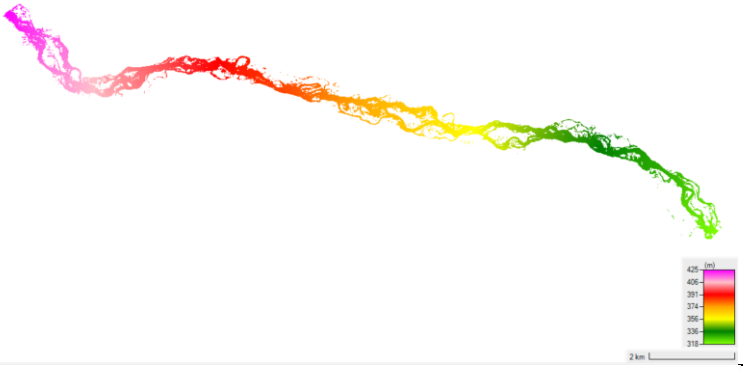
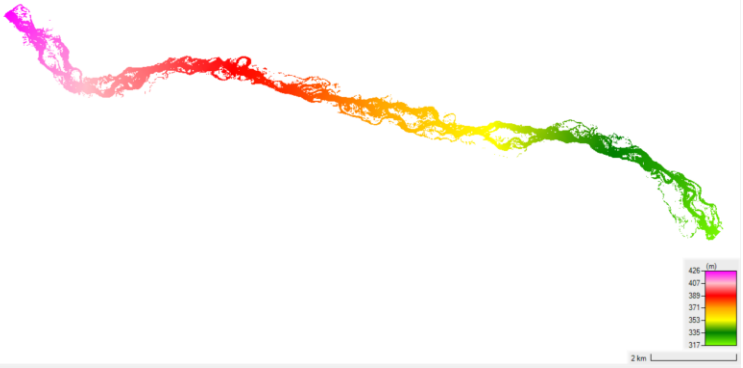
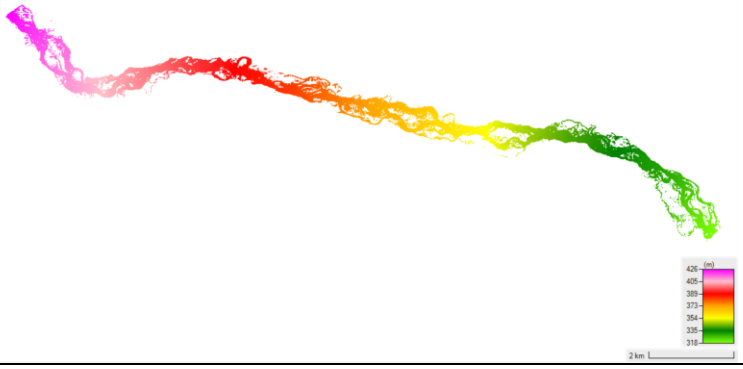
Tabla 3.2.1-56 Velocidad eventos de creciente en el río Acacías para varios tiempos de retorno

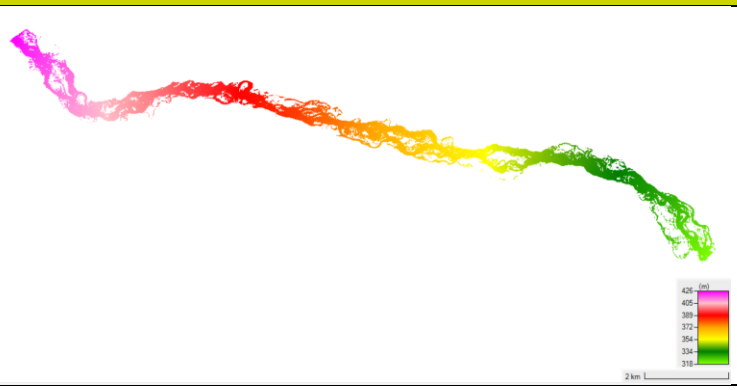
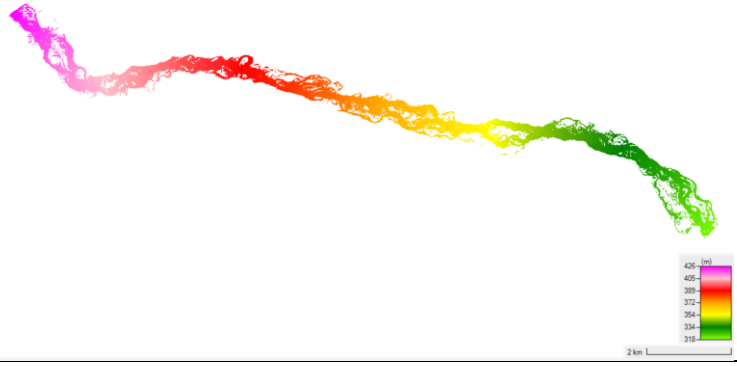
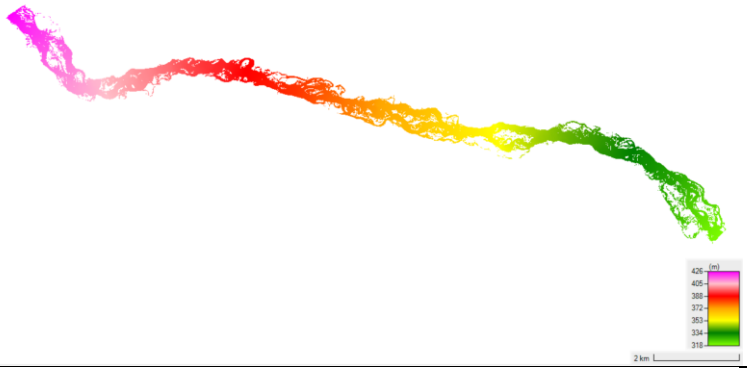
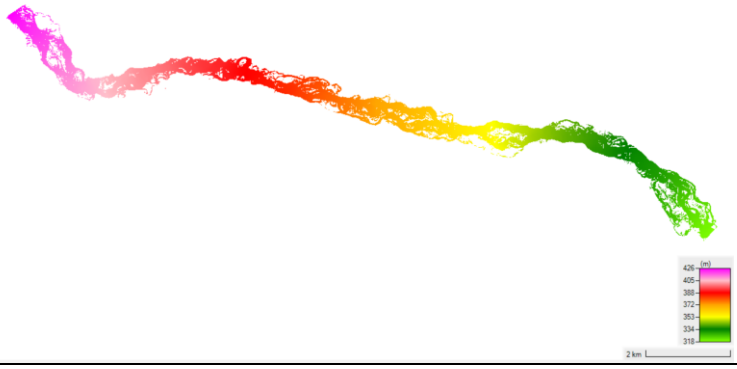
TIEMPO DE RETORNO [años]	REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN VISOR DE HEC-RAS
2	
5	
10	

TIEMPO DE RETORNO [años]	REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN VISOR DE HEC-RAS
15	
25	
50	
100	

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

Tabla 3.2.1-57 Elevación superficie de agua eventos de creciente en el río Acacías para varios tiempos de retorno

TIEMPO DE RETORNO [años]	REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN VISOR DE HEC-RAS
2	
5	
10	

TIEMPO DE RETORNO [años]	REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN VISOR DE HEC-RAS
15	
25	
50	
100	

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

Se utilizó un enfoque aportado por la Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas de Inundación (IDEAM, 2017) para el mapeo de la amenaza de inundación que se basa en la multiplicación de la velocidad por la profundidad del evento de inundación. En la **Tabla 3.2.1-58** se presentan los rangos de clasificación de la amenaza de inundación.

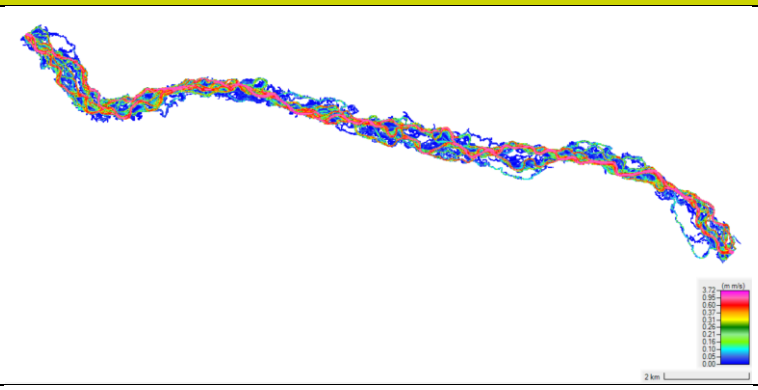
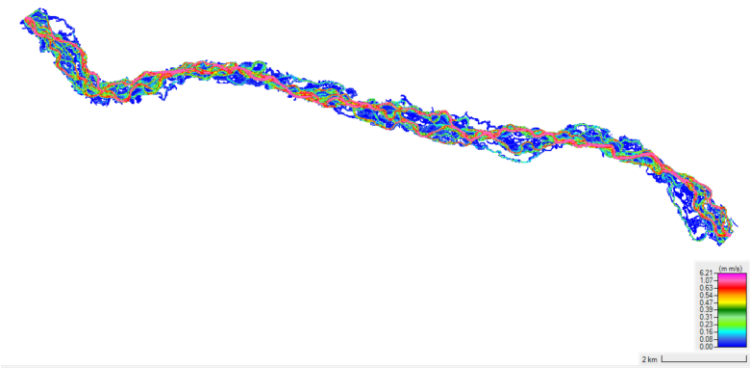
Tabla 3.2.1-58 Criterios velocidad x profundidad de agua para clasificación de amenaza de inundación

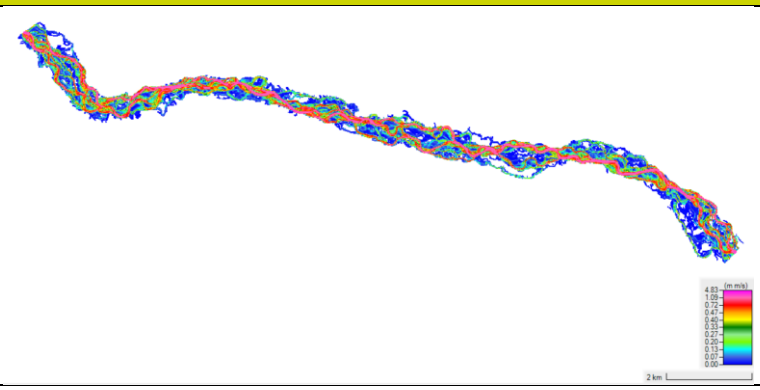
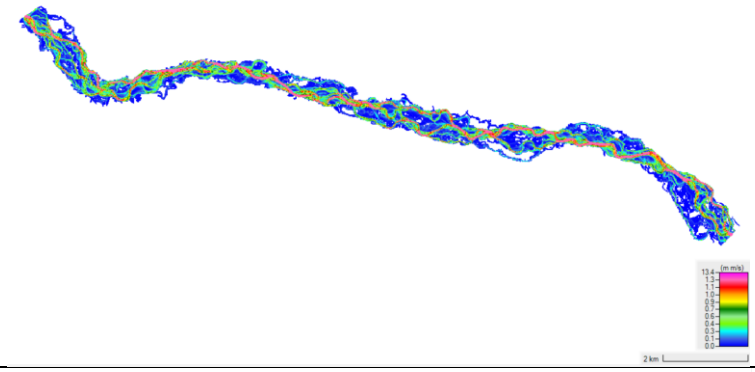
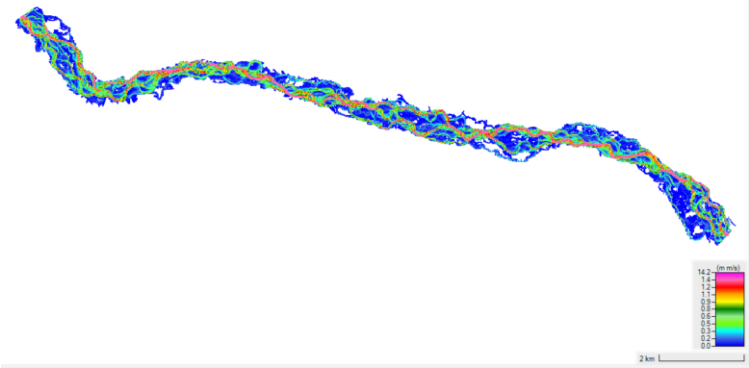
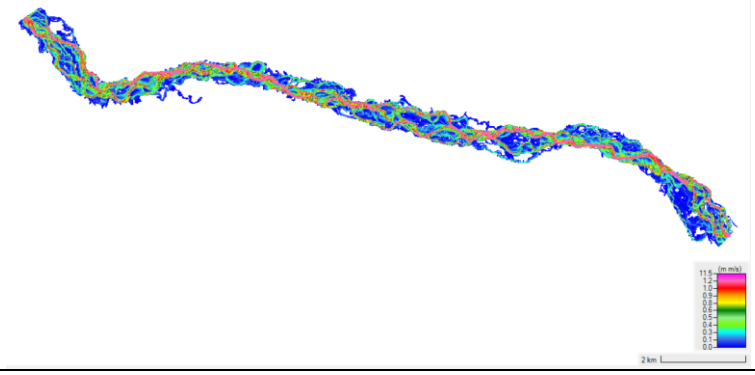
CATEGORÍA	Profundidad x Velocidad [m^2/s]
Bajo	< 0,2
Medio	0,2 a 0,5
Alto	0,5 a 1,5
Muy alto	1,5 a 2,5
Extremo	> 2,5

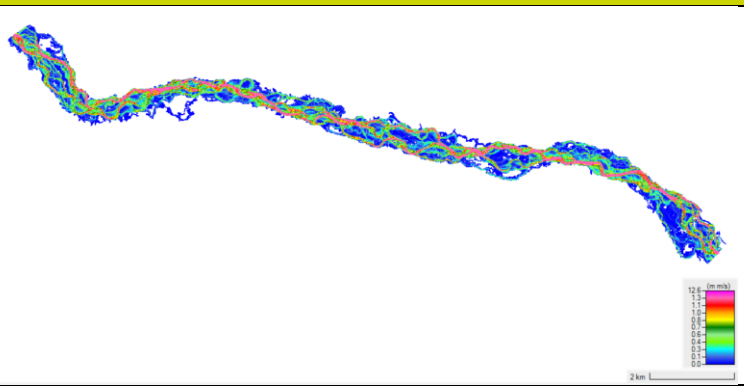
Fuente: tomado por SGI S.A.S, 2025 de (IDEAM, 2017).

En la **Tabla 3.2.1-59** se presenta el resultado de la capa de Velocidad x Profundidad para diversos tiempos de retorno.

Tabla 3.2.1-59 Velocidad x profundidad de agua eventos de creciente en el río Acacías para varios tiempos de retorno

TIEMPO DE RETORNO [años]	REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN VISOR DE HEC-RAS
2	
5	

TIEMPO DE RETORNO [años]	REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN VISOR DE HEC-RAS
10	
15	
25	
50	

TIEMPO DE RETORNO [años]	REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN VISOR DE HEC-RAS
100	

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

La clasificación de la amenaza de inundación del río Acacías para tiempo de retorno de 2 años y 100 años se presentan en la **Figura 3.2.1-66** y **Figura 3.2.1-67**.

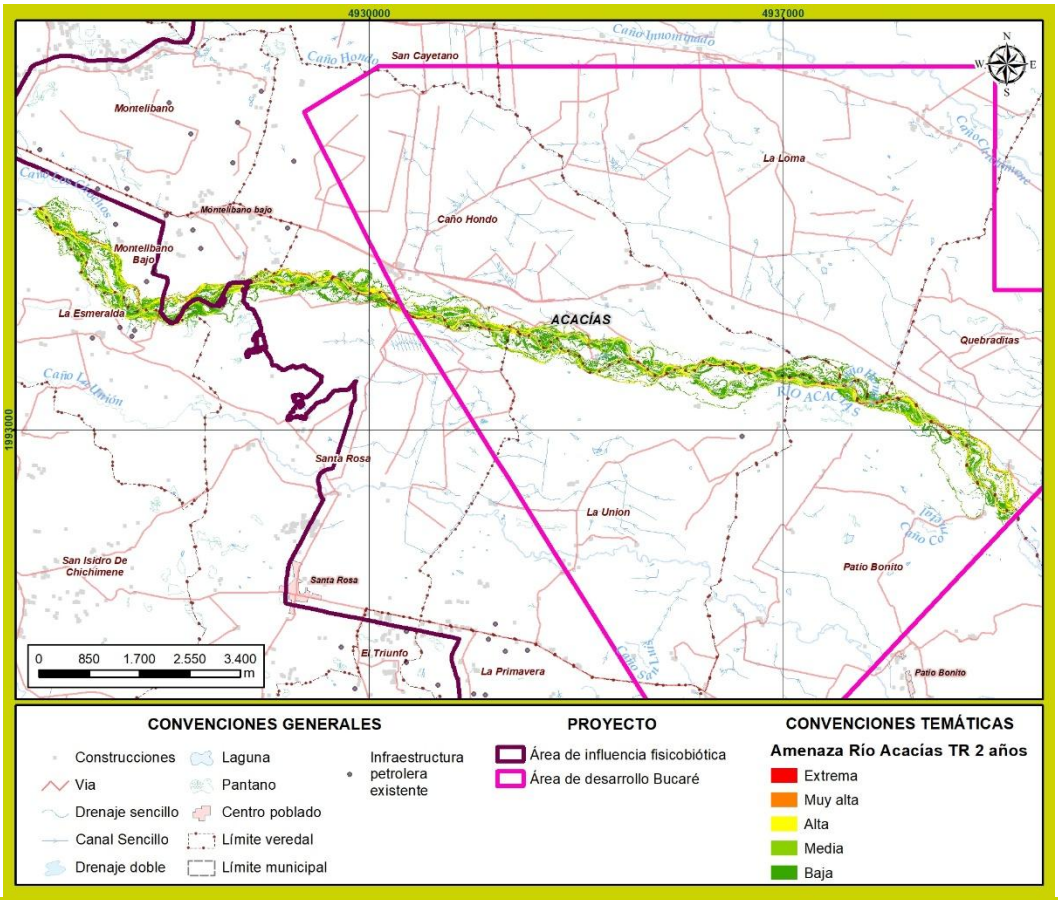


Figura 3.2.1-66 Escenario de amenaza de inundación río Acacías tiempo de retorno 2 años
Fuente: SGI S.A.S, 2025

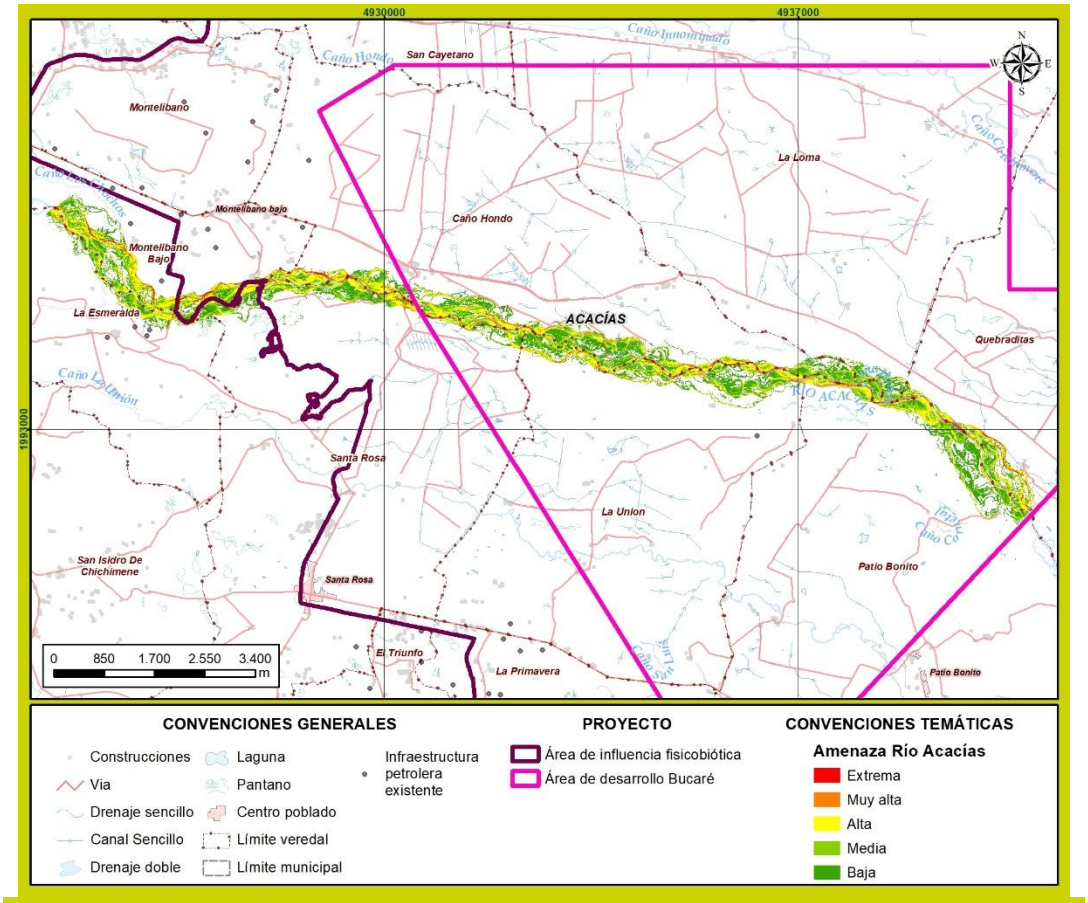


Figura 3.2.1-67 Escenario de amenaza de inundación río Acacías tiempo de retorno 100 años
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.3.5.1 Posibles alteraciones del régimen natural (relación espacio temporal de inundaciones)

El análisis de amenaza y susceptibilidad a inundaciones en el área de influencia del proyecto se llevó a cabo siguiendo la Guía Metodológica para la elaboración de mapas de inundación del IDEAM (IDEAM, 2017). Además de esta guía, se utilizó información proveniente coberturas y unidades de suelo. Los análisis y resultados finales se presentaron siguiendo la nomenclatura establecida en la Guía Metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000 del IDEAM (IDEAM, 2013).

Aunque en este documento las formas de terreno se mencionan como unidades geomorfológicas, los términos son comparables, asegurando coherencia con los insumos utilizados.

Adicionalmente, mediante visita a campo de los 170 puntos de control de cuerpos lóticos levantados (ver **Tabla 3.2.1-60**) en 104 de estos puntos de control se identificaron áreas susceptibles a inundación; estos puntos de control pertenecen a borde de mancha de inundación y a alturas de inundación probables reconocidas mediante vestigios de inundación, adyacentes a los cauces. De esta manera es posible reconocer tanto la extensión como la altura de inundación.

De acuerdo con la información presentada en la
Tabla 3.2.1-60, se encontró que las láminas de inundación varían entre 0.3-3.0 m. Se tienen las siguientes frecuencias de registros de posibles alturas de inundación por cuerpo de agua:

- ✓ Los caños Innominados tuvieron la mayor frecuencia de registros, con 37 puntos de control: en este caso las láminas de inundación oscilan entre 0.3-2.0 m, con una media de 0.93 m. Estos puntos de control reportan el comportamiento de las microcuencas con menor área de aporte, lo que a la final se traduce en una lámina de inundación media que es menor con respecto a los drenajes nominados reportados en continuación.

- ✓ En el caño La Unión se identificaron 8 puntos de control con vestigios de inundación; las láminas de inundación varían entre 1.5-3.0 m, con una media de 2.17 m.

- ✓ En el caño Hondo se visitaron 7 puntos de control con vestigios de inundación, cuyas láminas de inundación oscilan entre 0.5-2.0 m, con una media de 1.24 m.

- ✓ En los caños Chichimene y Seco se registraron 6 puntos de control con vestigios de inundación (en cada cuerpo de agua): en el caño Chichimene la lámina de inundación varía entre 1.2-3.0 m, con una media de 1.93 m, mientras que en el caño Seco la lámina de inundación oscila entre los 0.5-2.0 m, con una media de 1.18 m.

- ✓ En el río Orotoy se visitaron 5 puntos de control con vestigios de inundación, identificándose una lámina de inundación entre los 1.5-3.0 m, con una media de 2.34 m.

- ✓ En el río Acacías se registraron 4 puntos de control con vestigios de inundación, con una lámina de inundación entre los 1.5-2.5 m, con una media de 1.95 m.

- ✓ En los caños Bijao, Cornetal, Danta y San Luis, se visitaron en cada caso 3 puntos con vestigios de inundación. En el caño Bijao la lámina de inundación varía entre 1.0-1.5 m, con una media de 1.25 m. En el caño Cornetal la lámina de inundación varía entre 0.5-1.5 m, con una media de 1.07 m. En el caño Danta la lámina de inundación varía entre 1.2-1.5 m, con una media de 1.35 m. Por último, en el caño San Luis la lámina de inundación varía entre 1.2-2.5 m, con una media de 1.74 m.

- ✓ En los caños Lejía y Los Hornos, y en un brazo del caño Chichimene, se cuenta en cada caso con 2 puntos de control con vestigios de inundación. En el caño Lejía las 2 láminas de inundación registradas fueron de 1 m, mientras que en el caño Los Hornos los registros de inundación fueron 1.0-1.2, con una media de 1.1 m, y en el brazo del caño Chichimene los registros de inundación fueron 1.5-1.6, con una media de 1.55 m.

Por último, en los siguientes cuerpos de agua se cuenta con 1 punto de control en el que se observaron vestigios de inundación: caños Alfije, Chivisnavi, Colorado, del Agua, Mitú o Seco, Nacedero, NN2, NN3, NN4 y NN5, así como la chucua Negra, un drenaje Innominado y el río Guayuriba.

Tabla 3.2.1-60 Relación de puntos de control de cuerpos lóticos levantados en los que se observaron vestigios de inundación

PUNTO DE CONTROL		POSIBLE ALTURA INUNDACIÓN [m]
NOMBRE	CÓDIGO	
Brazo caño Chichimene	LOTI-060	1.5
Brazo caño Chichimene	LOTI-061	1.6
Caño Alfije	LOTI-167	1.2
Caño Bijao	LOTI-153	1.5
Caño Bijao	LOTI-155	1.0

PUNTO DE CONTROL		POSIBLE ALTURA INUNDACIÓN [m]
NOMBRE	CÓDIGO	
Caño Bijao	LOTI-157	1.0
Caño Chichimene	LOTI-012	2.0
Caño Chichimene	LOTI-013	2.0
Caño Chichimene	LOTI-052	1.2
Caño Chichimene	LOTI-058	1.5
Caño Chichimene	LOTI-071	3.0
Caño Chichimene	LOTI-073	3.0
Caño Chivisnavi	LOTI-088	1.5
Caño Colorado	LOTI-160	1.0
Caño Cornetal	LOTI-114	0.5
Caño Cornetal	LOTI-117	1.2
Caño Cornetal	LOTI-135	1.5
Caño Danta	LOTI-143	1.5
Caño Danta	LOTI-150	1.2
Caño Danta	LOTI-154	1.5
Caño del Agua	LOTI-036	0.5
Caño Hondo	LOTI-015	1.5
Caño Hondo	LOTI-018	1.0
Caño Hondo	LOTI-026	0.5
Caño Hondo	LOTI-038	1.0
Caño Hondo	LOTI-070	2.0
Caño Hondo	LOTI-092	1.5
Caño Hondo	LOTI-096	1.2
Caño Innominado	LOTI-002	1.0
Caño Innominado	LOTI-008	1.5
Caño Innominado	LOTI-016	1.0
Caño Innominado	LOTI-017	1.5
Caño Innominado	LOTI-021	0.5
Caño Innominado	LOTI-022	0.5
Caño Innominado	LOTI-024	1.0
Caño Innominado	LOTI-031	0.5
Caño Innominado	LOTI-033	0.5
Caño Innominado	LOTI-040	1.0
Caño Innominado	LOTI-045	0.8
Caño Innominado	LOTI-046	0.5
Caño Innominado	LOTI-047	1.0
Caño Innominado	LOTI-049	1.0
Caño Innominado	LOTI-054	1.0
Caño Innominado	LOTI-057	0.5

PUNTO DE CONTROL		POSIBLE ALTURA INUNDACIÓN [m]
NOMBRE	CÓDIGO	
Caño Innominado	LOTI-064	0.8
Caño Innominado	LOTI-069	1.0
Caño Innominado	LOTI-072	2.0
Caño Innominado	LOTI-077	0.5
Caño Innominado	LOTI-079	0.5
Caño Innominado	LOTI-080	0.7
Caño Innominado	LOTI-083	0.5
Caño Innominado	LOTI-085	0.4
Caño Innominado	LOTI-086	0.5
Caño Innominado	LOTI-087	1.0
Caño Innominado	LOTI-091	1.2
Caño Innominado	LOTI-093	0.3
Caño Innominado	LOTI-094	0.3
Caño Innominado	LOTI-097	1.0
Caño Innominado	LOTI-099	2.0
Caño Innominado	LOTI-100	1.0
Caño Innominado	LOTI-131	0.5
Caño Innominado	LOTI-137	1.5
Caño Innominado	LOTI-138	1.0
Caño Innominado	LOTI-151	1.0
Caño Innominado	LOTI-164	1.2
Caño La Unión	LOTI-115	1.5
Caño La Unión	LOTI-116	1.5
Caño La Unión	LOTI-118	2.0
Caño La Unión	LOTI-128	2.0
Caño La Unión	LOTI-140	2.0
Caño La Unión	LOTI-144	3.0
Caño La Unión	LOTI-149	1.5
Caño La Unión	LOTI-152	1.5
Caño Lejía	LOTI-158	1.0
Caño Lejía	LOTI-166	1.0
Caño Los Hornos	LOTI-037	1.2
Caño Los Hornos	LOTI-056	1.0
Caño Mitú o Caño Seco	LOTI-041	1.0
Caño Nacedero	LOTI-063	0.5
Caño NN2	LOTI-162	1.7
Caño NN3	LOTI-066	0.5
Caño NN4	LOTI-111	1.0
Caño NN5	LOTI-102	0.5

PUNTO DE CONTROL		POSIBLE ALTURA INUNDACIÓN [m]
NOMBRE	CÓDIGO	
Caño San Luis	LOTI-133	1.2
Caño San Luis	LOTI-146	1.5
Caño San Luis	LOTI-148	2.5
Caño Seco	LOTI-025	1.2
Caño Seco	LOTI-039	1.0
Caño Seco	LOTI-121	0.5
Caño Seco	LOTI-124	1.0
Caño Seco	LOTI-136	1.0
Caño Seco	LOTI-141	2.0
Chucua Negra	LOTI-042	0.8
Drenaje Innominado	LOTI-113	1.0
Río Acacías	LOTI-076	2.5
Río Acacías	LOTI-081	1.5
Río Acacías	LOTI-101	2.0
Río Acacías	LOTI-129	1.8
Río Guayuriba	LOTI-003	2.0
Río Orotoy	LOTI-062	3.0
Río Orotoy	LOTI-084	3.0
Río Orotoy	LOTI-161	1.5
Río Orotoy	LOTI-168	2.5
Río Orotoy	LOTI-169	2.5

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

Las capas temáticas usadas para estimar la susceptibilidad a la inundación son: geomorfología, cobertura de la tierra y suelos. Esto es relevante porque las unidades geomorfológicas se pueden ver como un registro histórico de las fuerzas de la naturaleza que han moldeado el territorio, pero hay algunos rasgos actuales tales como el manejo del terreno por cultivos que pueden ser aportados por el uso de las coberturas de la tierra y además los vestigios que se pueden reconocer en el suelo que son indicadores de la dinámica de inundaciones.

Esto es relevante porque las unidades geomorfológicas se pueden ver como un registro histórico de las fuerzas de la naturaleza que han moldeado el territorio, pero hay algunos rasgos actuales tales como el manejo del terreno por cultivos que pueden ser aportados por el uso de las coberturas de la tierra.

La susceptibilidad se calculó como un álgebra de capas de coberturas, geomorfología y suelos. La capa de suelos tiene la particularidad de las zonas de no suelo, donde no hay información de suelos que aporten a la delimitación de la susceptibilidad; en estos casos se ajusta la fórmula a usar. La expresión usada es la siguiente:

$$SUS_{INUND} = \frac{(2 \times SUS_GEO + SUS_COB + SUS_SUEL)}{4}; Si\ Suelo\ \neq No\ suelo$$

$$SUS_{INUND} = \frac{(2 \times SUS_GEO + SUS_COB)}{4}; Si\ Suelo = No\ suelo$$

Donde:

SUS_INUND: susceptibilidad a la inundación.
SUS_COB: susceptibilidad por cobertura de la tierra.
SUS_GEO: susceptibilidad por geomorfología.
SUS_SUEL: susceptibilidad por suelos.

Cada variable se califica con un peso de 1 a 5, siendo 1 muy baja susceptibilidad y 5 muy alta susceptibilidad (Ver **Tabla 3.2.1-61**).

Tabla 3.2.1-61 Clasificación de variables que aportan a la susceptibilidad

CLASIFICACIÓN VARIABLE	CALIFICACIÓN VARIABLE
Muy alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy baja	1

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Asimismo, la susceptibilidad a la inundación puede tener valores entre 1 y 5. En la **Tabla 3.2.1-62** se presenta la clasificación de la susceptibilidad a la inundación.

Tabla 3.2.1-62 Clasificación de la susceptibilidad a la inundación

SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN	CONDICIÓN	CALIFICACIÓN
Muy alta	< Sus	4.25 a 5.0
Alta	< Sus ≤	3.5 a 4.25
Media	< Sus ≤	2.5 a 3.5
Baja	< Sus ≤	1.5 a 2.5
Muy baja	Sus ≤	1 a 1.5

Fuente: SGI S.A.S, 2025

A continuación, se describen una a una las variables usadas la estimación de la susceptibilidad a la inundación.

3.2.1.3.5.2 Susceptibilidad a la inundación por coberturas de la tierra

La capa utilizada para este análisis es la generada en el presente estudio cargada en la GDB como “CoberturaTierra”. La clasificación de las coberturas en función de la susceptibilidad a la inundación se presenta en la **Tabla 3.2.1-63**. En la **Figura 3.2.1-68** hay una representación espacial de la susceptibilidad a la inundación por el criterio coberturas de la tierra.

Tabla 3.2.1-63 Clasificación de coberturas de la tierra por susceptibilidad a inundación.

COBERTURA	CÓDIGO	CATEGORÍA	PESO
Arenales	3312	Muy alto	5
Arroz	2121	Alto	4
Bosque de galería y/o ripario	314	Alto	4
Bosque denso alto de tierra firme	3111	Bajo	2
Bosque denso alto inundable	3112	Muy alto	5
Cacao	2223	Bajo	2
Café	2222	Bajo	2
Canales	513	Muy alto	5
Cítricos	2233	Bajo	2

COBERTURA	CÓDIGO	CATEGORÍA	PESO
Cuerpos de agua artificiales	514	Muy alto	5
Cultivos agroforestales	224	Bajo	2
Cultivos permanentes arbóreos	223	Bajo	2
Cultivos permanentes arbustivos	222	Bajo	2
Cultivos permanentes herbáceos	221	Bajo	2
Estanques para acuicultura continental	5143	Muy alto	5
Explotación de hidrocarburos	1312	Muy bajo	1
Herbazal denso inundable arbolado	3212	Alto	4
Herbazal denso inundable no arbolado	32121	Alto	4
Instalaciones recreativas	142	Muy bajo	1
Lagunas de oxidación	5142	Muy alto	5
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	Muy alto	5
Maíz	2122	Bajo	2
Mosaico de cultivos	241	Bajo	2
Obras hidráulicas	125	Muy alto	5
Otros cultivos transitorios	211	Bajo	2
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	1321	Muy bajo	1
Palma de aceite	2232	Bajo	2
Palmares	311123	Muy alto	5
Pastos arbolados	232	Moderado	3
Pastos enmalezados	233	Moderado	3
Pastos limpios	231	Moderado	3
Pastos y árboles plantados	2241	Moderado	3
Plantación forestal	315	Bajo	2
Red vial y territorios asociados	1221	Muy bajo	1
Ríos	511	Muy alto	5
Tejido urbano discontinuo	112	Muy bajo	1
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	413	Muy alto	5
Vegetación secundaria alta	3231	Moderado	3
Vegetación secundaria baja	3232	Moderado	3
Yuca	2152	Bajo	2
Zonas industriales o comerciales	121	Muy bajo	1
Zonas pantanosas	411	Alto	4

Fuente: SGI S.A.S., 2023.

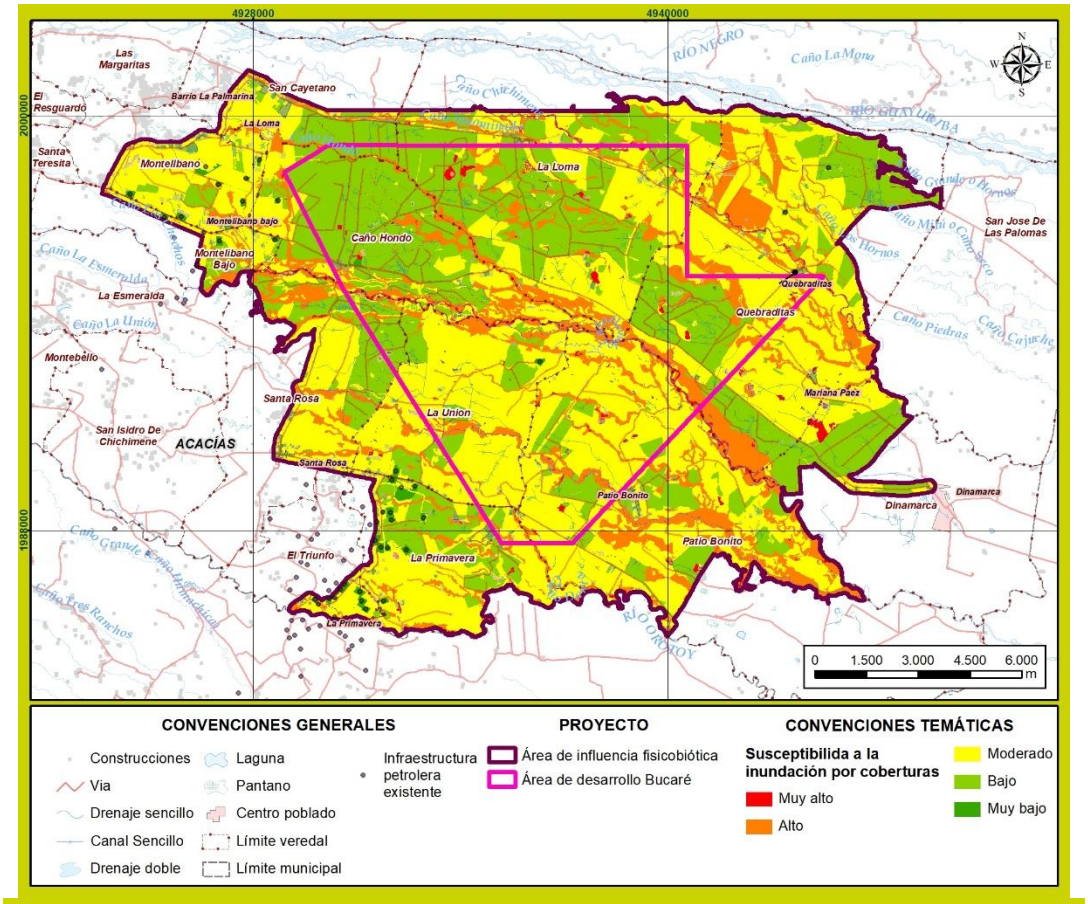


Figura 3.2.1-68 Mapa de susceptibilidad a inundación por coberturas de la tierra del área de influencia fisicobiótica
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.3.5.3 Susceptibilidad a la inundación por geomorfología

Las unidades geomorfológicas utilizadas en este análisis fueron generadas en el presente EIA y se presentan en la GDB del estudio en la capa "UnidadGeomorfologicaISGC". Los resultados detallados se encuentran en la **Tabla 3.2.1-64**. En la **Figura 3.2.1-69**, hay una representación espacial de la susceptibilidad a la inundación por el criterio geomorfología.

Tabla 3.2.1-64 Clasificación de unidades geomorfológicas por susceptibilidad a inundación.

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA - COMPONENTE	SUSCEPTIBLE	CATEGORÍA	PESO
Abanico aluvial			
Cuerpo de abanico aluvial	Si	Bajo	2
Escarpe de abanico aluvial	No	Muy bajo	1
Escarpe de abanico aluvial estructural	No	Muy bajo	1
Plano anegadizo de abanico aluvial	Si	Alto	4
Canal artificial			
Canal artificial	Si	Muy alto	5
Cauce aluvial			
Barra puntual	Si	Muy alto	5
Barras compuestas	Si	Muy alto	5
Cauce aluvial	Si	Muy alto	5
Isla	Si	Moderado	3
Excavaciones			
Excavaciones para acuicultura	Si	Muy alto	5

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA - COMPONENTE	SUSCEPTIBLE	CATEGORÍA	PESO
Excavaciones para cuerpos de agua artificiales	Si	Muy alto	5
Laguna			
Laguna	Si	Muy alto	5
Llanura de inundación			
Cuenca de decantación	Si	Muy alto	5
Meandro abandonado	Si	Muy alto	5
Orillar	Si	Muy alto	5
Plano de inundación	Si	Alto	4
Vega	Si	Muy alto	5
Planos y campos de rellenos antrópicos			
Rellenos antrópicos de ZIC	No	Bajo	2
Rellenos antrópicos para EH	No	Bajo	2
Rellenos antrópicos para vías	No	Bajo	2
Rellenos antrópicos para TUD	No	Bajo	2
Rellenos de escombros			
Rellenos de escombros	No	Muy bajo	1
Terraza de acumulación			
Escarpe de terraza de acumulación nivel tres	No	Muy bajo	1
Escarpe de terraza de acumulación nivel uno	No	Muy bajo	1
Plano anegadizo de terraza nivel dos	Si	Alto	4
Plano anegadizo de terraza nivel tres	Si	Alto	4
Plano anegadizo de terraza nivel uno	Si	Alto	4
Plano de terraza de acumulación nivel dos	Si	Bajo	2
Plano de terraza de acumulación nivel tres	Si	Bajo	2
Plano de terraza de acumulación nivel uno	Si	Bajo	2

Fuente: SGI S.A.S., 2023.

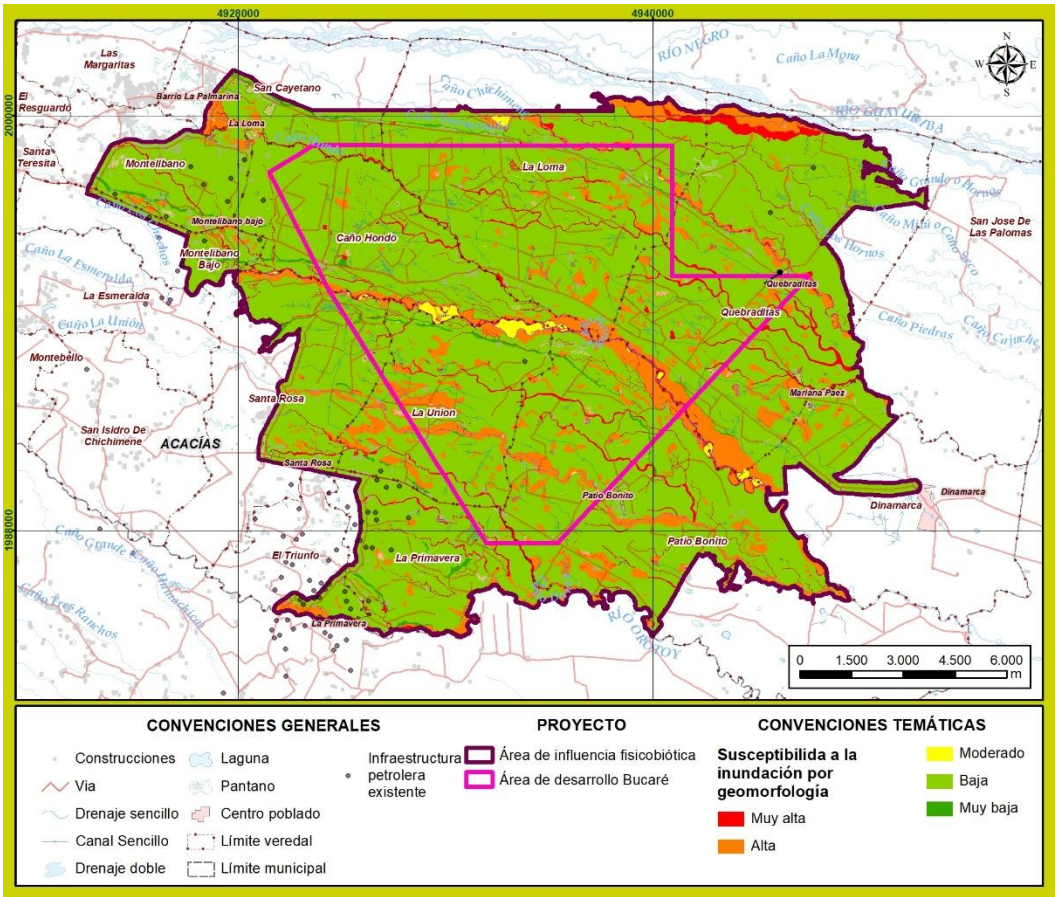


Figura 3.2.1-69 Mapa de susceptibilidad a inundación por geomorfología del área de influencia fisicobiótica
Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.2.1.3.5.4 Susceptibilidad a la inundación por suelos

La capa utilizada para este análisis es la generada en el presente estudio cargada en la GDB como "Suelo". La clasificación de unidades cartográficas de suelo según la susceptibilidad a la inundación se presenta en la **Tabla 3.2.1-65**. En la **Figura 3.2.1-70** hay una representación espacial de la susceptibilidad a la inundación por el criterio suelos, para esto se usaron las fases de suelos.

Tabla 3.2.1-65 Clasificación de suelos por susceptibilidad a inundación.

PAISAJE	SIMBOLO	FASE	CATEGORÍA	PESO
Piedemonte (P)	PVAC	PVACabn	Muy bajo	1
		PVACpbn	Muy bajo	1
		PVACbbn	Muy bajo	1
		PVACcbn	Muy bajo	1
	PVAT	PVATcan	Muy bajo	1
		PVATdan	Muy bajo	1
		PVATean	Muy bajo	1
	PVABA	PVABAapo	Moderado	3

PAISAJE	SIMBOLO	FASE	CATEGORÍA	PESO
		PVABAbpo	Moderado	3
		PVABAapm	Alto	4
		PVABAbpm	Alto	4
Valle (V)	VVPCD	VVPCDppf	Alto	4
		VVPCDapf	Alto	4
		VVPCDapm	Muy alto	5
		VVPCDppm	Muy alto	5
	VVPI	VVPIppm	Muy alto	5
		VVPIapm	Muy alto	5
	VVT1P	VVT1Ppbr	Bajo	2
		VVT1Pbbr	Bajo	2
		VVT1Pabr	Bajo	2
	VVT1T	VVT1Tdan	Muy bajo	1
	VVT1B	VVT1Bppo	Moderado	3
		VVT1Bapo	Moderado	3
		VVT1Bppm	Muy alto	5
		VVT1Bapm	Muy alto	5
	VVT2P	VVT2Pabr	Bajo	2
		VVT2Pbbr	Bajo	2
	VVT2B	VVT2Bppo	Moderado	3
		VVT2Bapo	Moderado	3
		VVT2Bppm	Alto	4
		VVT2Bapm	Alto	4
	VVT3T	VVT3Tcan	Muy bajo	1
		VVT3Tdan	Muy bajo	1
	VVT3P	VVT3Pabr	Bajo	2
		VVT3Pbbr	Bajo	2
		VVT3Pcbr	Bajo	2
	VVT3B	VVT3Bppo	Moderado	3
		VVT3Bbpo	Moderado	3
		VVT3Bapo	Moderado	3
		VVT3Bppm	Alto	4
		VVT3Bapm	Alto	4
Planicie (R)	RVT1P	RVT1Ppbr	Bajo	2
		RVT1Pabr	Bajo	2
	RVT1B	RVT1Bppo	Moderado	3
		RVT1Bapo	Moderado	3
		RVT1Bppm	Alto	4
		RVT1Bapm	Alto	4

PAISAJE	SIMBOLO	FASE	CATEGORÍA	PESO
	RVPN	RVPNppf	Alto	4
		RVPNapf	Alto	4
	RVPCDD	RVPCDDppm	Muy alto	5
		RVPCDDapm	Muy alto	5
Áreas misceláneas - No suelo			No aplica	

Fuente: SGI S.A.S., 2023.

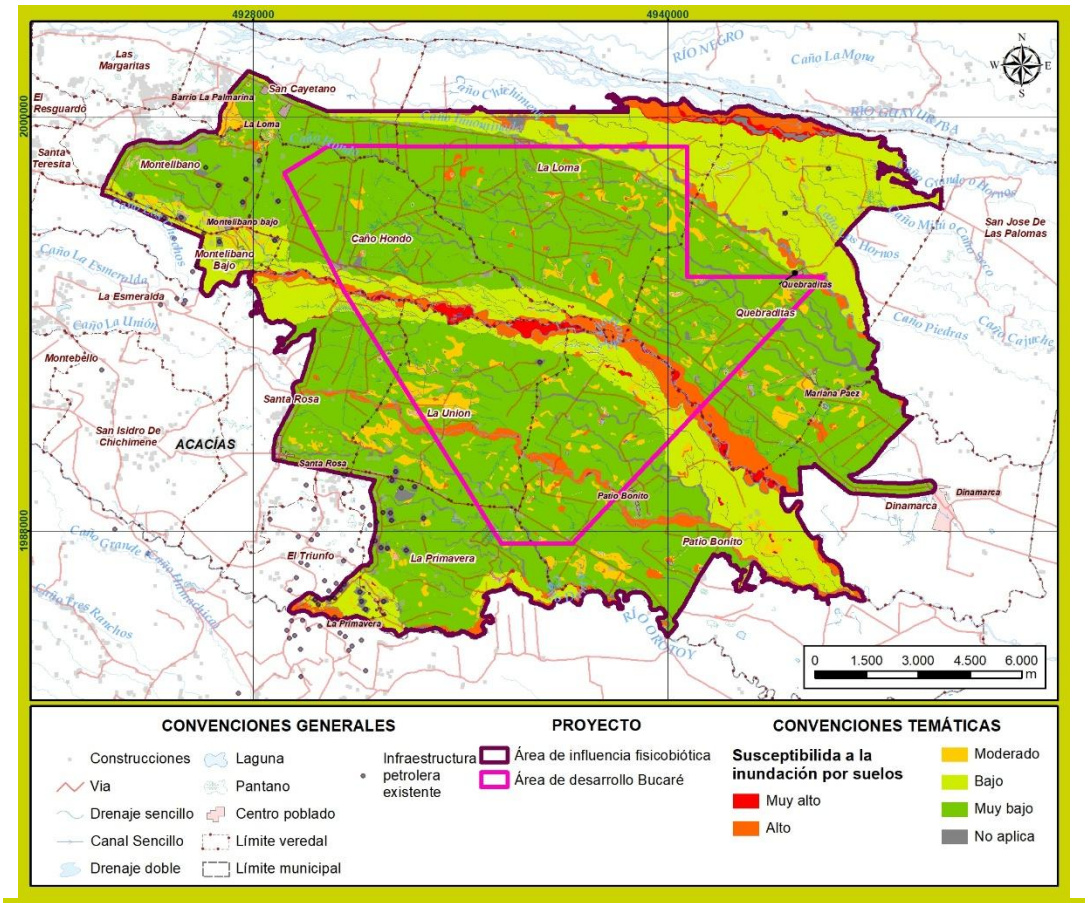


Figura 3.2.1-70 Mapa de susceptibilidad a inundación por suelos del área de influencia fisicobiótica
Fuente: SGI S.A.S, 2023

3.2.1.3.5.5 Susceptibilidad a la inundación

El resultado de la susceptibilidad a la inundación luego de cruzar las capas asociadas a las coberturas de la tierra, geomorfología y suelos se presenta en la **Figura 3.2.1-71**.

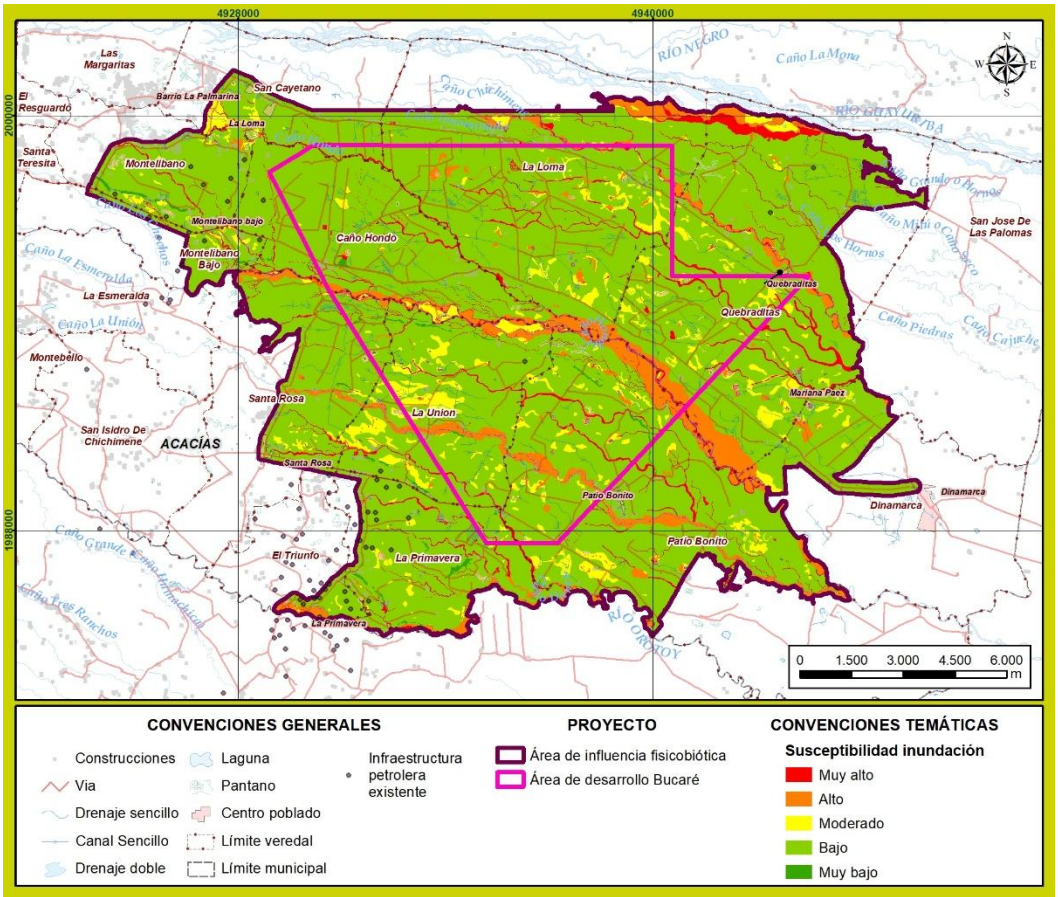


Figura 3.2.1-71 Mapa de susceptibilidad a inundación del área de influencia fisicobiótica
Fuente: SGI S.A.S, 2023

La susceptibilidad a la inundación se caracteriza como se presenta en la **Tabla 3.2.1-66**.

Tabla 3.2.1-66 Susceptibilidad a inundación en el área de influencia fisicobiótica

SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Muy alta	Corresponde a las áreas que permanecen inundadas y se encuentran asociadas a la presencia de la lámina de agua, sin importar la época climática. Comprende unidades geomorfológicas asociadas a la red de drenaje natural y antrópica y el plano anegadizo de terraza nivel uno que se superponen con arenales, arroz, palmares, herbazales inundables, cuerpos de agua naturales y antrópicos, pastos, vegetación secundaria y zonas pantanosas.
Alta	Corresponde a las áreas que frecuentemente se inundan (todos los años), por eventos de altas precipitaciones y desborde de los cuerpos de agua principales (río Guayuriba, río Acacías, río Orotoy y caño La Unión). Además, se encuentran las unidades geomorfológicas cuenca de decantación, isla, orillar, plano anegadizo de terrazas y vega que se superponen con bosque de galería, cultivos de arroz, maíz, palma de aceite, permanentes arbóreos, arbustivos y herbáceos, herbazales inundables y pastos.
Moderada	Corresponde a áreas que se inundan ocasionalmente (no todos los años). Se encuentran asociadas las geoformas de plano anegadizo de abanico aluvial y de terrazas y plano de inundación que se superponen con la diversidad de cultivos existentes en el área de influencia e instalaciones recreativas.
Baja	Corresponde con áreas que no se inundan o que sólo llegan a tener lámina de agua por la escorrentía en tránsito superficial por el terreno hacia zonas bajas más no se acumula. Se encuentran asociadas las geoformas cuerpo de abanico aluvial, planos de terrazas, rellenos

SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN	CARACTERÍSTICAS
	antrópicos de diversos tipos, y los escarpes cuando son superpuestos por bosque de galería y/o ripario.
Muy baja	Son zonas que se considera improbable la inundación por efecto de alta pendiente, sobreelevación con respecto a la topografía circundante o impermeabilización de la superficie. Se encuentran las geoformas de escarpes de las terrazas y del abanico aluvial, cuerpo de abanico aluvial superpuesto por instalaciones recreativas, y rellenos de escombros.

Fuente: SGI S.A.S, 2023

Se calculó la extensión según la susceptibilidad a la inundación (Ver **Tabla 3.2.1-67**). La susceptibilidad a la inundación baja es la más representativa, abarcando más del 82,74 % del AI fisicobiótica. La susceptibilidad a la inundación alta y muy alta suman poco más del 11 % del área de influencia fisicobiótica.

Tabla 3.2.1-67 Resultados cuantitativos del mapa de susceptibilidad a inundación

SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA		ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
	Área (ha)	Área %	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	1075,01	4,30	420,38	4,04
Alta	1705,51	6,82	676,30	6,50
Moderada	1341,99	5,37	649,35	6,24
Baja	20689,40	82,74	8610,05	82,69
Muy baja	193,12	0,77	56,37	0554
TOTAL	**25005,03**	**100,00**	**10412,44**	**100,00**

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

3.2.1.3.5.6 Amenaza a la inundación

Para estimar la amenaza de inundación se hico un cruce espacial de la susceptibilidad a la inundación con la amenaza de inundación del río Acacías estimada mediante un modelo hidráulico (ver **Figura 3.2.1-66** y **Figura 3.2.1-67**). El resultado del cruce espacial se presenta en la **Tabla-3.2.1-68**.

Tabla-3.2.1-68 Cruce de amenaza de inundación del río Acacías con susceptibilidad a la inundación

CATEGORÍA	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Extrema	AMENAZA ACOGIDA
Muy bajo	100%	0%	0%	0%	0%	Baja
Bajo	54%	24%	19%	3%	0%	Baja
Moderado	76%	16%	7%	1%	0%	Media
Alto	51%	27%	19%	2%	0%	Media
Muy alto	10%	15%	57%	17%	1%	Alta

Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

Una vez adoptada la amenaza de inundación se obtuvo el escenario de amenaza de inundación para el proyecto (Ver **Figura 3.2.1-72** y **Tabla 3.2.1-69**).

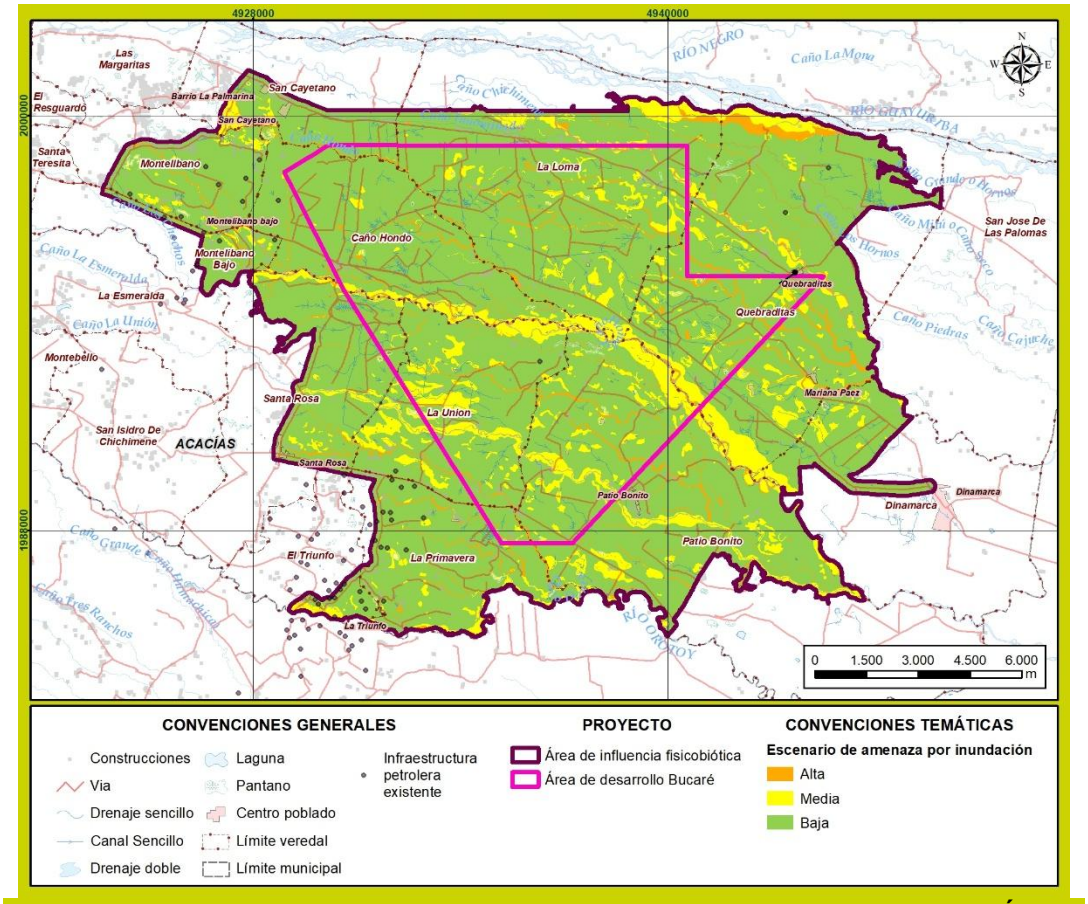


Figura 3.2.1-72 Escenario de amenaza de inundación del Al físico biótica del Área de desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 3.2.1-69 Resultados cuantitativos del mapa de amenaza a inundación

CATEGORÍA DE LA AMENAZA	ÁREA DE INFLUENCIA		ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
	Área (ha)	Área (ha)	Área (%)	Área (%)
Alta	1075,01	4,30	420,38	4,04
Media	3047,50	12,19	1325,65	12,73
Baja	20882,52	83,51	8666,42	83,23
TOTAL	**25005,3**	**100,00**	**10412,44**	**100,00**

Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albariño, L. M., & Rodríguez, J. M. (2022). Entrampamiento estratigráfico en el borde de Cuenca Antepaís – Cuenca Llanos Orientales de Colombia. Boletín de Geología, 44(2), 73–93. https://doi.org/10.18273/revbol.v44n2-2022003

Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2012, diciembre). *Cuenca Llanos Orientales: Integración geológica de la digitalización y análisis de núcleos* [Informe técnico].

Beicip-Franlab & Ecopetrol. (1995). *Estudio geológico regional: Cuenca de los Llanos Orientales* (Vol. 1, pp. 7–43). Instituto Colombiano del Petróleo.

Charitat, P., Carvajal, L., & Ruiz, J. (1985). *Tocaria Oil and Gas Field and La Gloria Norte Oil Field, two examples of Casanare Hydrocarbon Fields*. En *II Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas* (Vol. 1). Bogotá, Colombia.

Cooper, M. A., Addison, F. T., Álvarez, R., Coral, M., Graham, R. H., Hayward, A. B., Howe, S., Martínez, J., Naar, J., Peñas, R., Pulham, A. J., & Taborda, A. (1995). *Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia*. AAPG Bulletin, *79*(10), 1421–1442

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena – CORMACARENA. (2012). *Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas del Río Acacías-Pajure* [Informe técnico, escala 1:25.000].

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena – CORMACARENA. (2018). *Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas del Río Guayuriba* [Informe técnico, escala 1:25.000].

Cruz Mosquera, C. A. (2015). *Evaluación del riesgo por rayos incluyendo un sistema de alarma de tormentas (SAT) en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Universidad Nacional de Colombia.

ECOPETROL – Beicip/Franlab, 1995. Estudio Geológico Regional, Cuenca Llanos Orientales.

Ecopetrol S. A. (2011). *Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria Llanos 37* [Informe técnico, escala 1:25.000].

Ecopetrol S. A. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental para el APE CPO-9* [Informe técnico, escala 1:25.000].

Ecopetrol S. A. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental para el Campo de Producción 50k CPO-09* [Informe técnico, escala 1:25.000].

Ecopetrol S. A. (2013). *Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria Zocay* [Informe técnico, escala 1:25.000].

Ecopetrol S. A. (2014). *Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria CPO 10 Norte* [Informe técnico, escala 1:25.000].

Ecopetrol S. A. (2022). *Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación del Plan de Manejo Ambiental Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene* [Informe técnico, escala 1:25.000].

Goosen, D. (1964). Geomorfología de los Llanos Orientales. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 12*(46). Bogotá, Colombia: Editorial Voluntad.

Halliburton/ANH, 2006-2007. Proyecto de Evaluación de Crudos Pesados, Cuenca Llanos Orientales. Realizado para la ANH.

Hermelín, M. (1985). Suelos, rocas y formaciones superficiales. *DYNA*, (106), 25–29. https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/113217

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2021). *Neotectónica de la región Tacna* (Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, N.º 84). Lima, Perú: INGEMMET, Sector Energía y Minas.

INGEOMINAS. (2010). INTERGRACION DE LA CARTOGRAFICA GEOLOGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES: DEPARTAMENTO DEL META Y SECTOR SUROCCIDENTAL DEL DEPARTAMENTO DE CASANARE. BOGOTA, pp.52.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC. (2008). *Norma Técnica Colombiana NTC 4552-21: Evaluación de riesgo por impacto de descargas eléctricas*. ICONTEC.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)*. Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Pérez, V. E., & Bolívar, L. A. (1985). *Desarrollo Campo Apiay*. En *II Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas* (Vol. I). Bogotá, Colombia.

Pérez, F., Valderrama, G., Blanco, G., González, L., & García, F. (1985). *Caracterización de los carbones colombianos: Zona Checua-Lenguazaque* (Informe No. 993). Bogotá, Colombia: Ingeominas.

Servicio Geológico Colombiano. (2001). *Cartografía geológica de la plancha 266* [Mapa geológico, escala 1:100.000].

Servicio Geológico Colombiano. (2010). *Cartografía geológica de la plancha 267* [Mapa geológico, escala 1:100.000].

Servicio Geológico Colombiano. (2010). *Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa: Escala 1:500.000*. Servicio Geológico Colombiano.

Servicio Geológico Colombiano. (2025). *Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA)* [Base de datos]. Servicio Geológico Colombiano. Recuperado de: https://simma.sgc.gov.co/

Servicio Geológico Colombiano. (2013). *Cartografía geológica de la plancha 285* [Mapa geológico, escala 1:100.000].

Servicio Geológico Colombiano. (2010). *Cartografía geológica de la plancha 286* [Mapa geológico, escala 1:100.000].

Servicio Geológico Colombiano. (2017). *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa: Escala 1:25.000*. Servicio Geológico Colombiano.

SGI SAS. (2020). *Modelo hidrogeológico matemático (MHM) de la actividad de inyección de agua para el mantenimiento de presión del Campo Castilla* [Informe técnico]. SGI SAS.

Servicio Geológico Colombiano. (s. f.). *Sistema de consulta de la amenaza sísmica de Colombia*. Recuperado [Junio, 2025], de https://www2.sgc.gov.co/ProgramasDeInvestigacion/geoamenazas/Paginas/Sistema-de-Consulta-de-la-Amenaza-Sismica-de-Colombia.aspx

Servicio Geológico Colombiano. (s. f.). *Catálogo de sismicidad instrumental – Consulta Experta Seiscomp* [Sitio web]. Recuperado en Junio, 2025 de https://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/Consulta_Experta_Seiscomp/consultaexperta.php

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD. (2024). *Consulta históricos: Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en Colombia*. UNGRD.

van Westen, C. J., Castellanos, E., & Kuriakose, S. L. (2008). *Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview*. *Engineering Geology, 102*(3–4), 112–131. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.010