

CAPÍTULO 5: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA –

5.1 MEDIO ABIÓTICO

TOMO 1

Índice

| | |
|---|-------------|
| Índice | 5-1 |
| Índice de tablas | 5-1 |
| Índice de figuras | 5-5 |
| 5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA | 5-12 |
| 5.1 Medio abiótico | 5-12 |
| 5.1.1 Geología | 5-12 |
| 5.1.2 Geología estructural..... | 5-54 |
| 5.1.3 Sismicidad | 5-59 |
| 5.1.4 Geomorfología | 5-140 |
| 5.1.5 Suelos y Uso del Suelo | 5-193 |
| 5.1.6 Hidrología..... | 5-292 |

Índice de tablas

| | |
|--|-------|
| TABLA 5.1-1 UNIDADES GEOLÓGICAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-24 |
| TABLA 5.1-2 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-49 |
| TABLA 5.1-3 VALORES DE AMENAZA SÍSMICA SEGÚN NSR-10..... | 5-60 |
| TABLA 5.1-4 GRADO DE INTENSIDAD OBSERVADA | 5-61 |
| TABLA 5.1-5 GRADO DE INTENSIDAD OBSERVADA | 5-65 |
| TABLA 5.1-6 SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEL AI FÍSICO-BIÓTICO..... | 5-86 |
| TABLA 5.1-7 SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA DEL AI FÍSICO-BIÓTICO | 5-87 |
| TABLA 5.1-8 SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN DEL AI FÍSICO-BIÓTICO | 5-89 |
| TABLA 5.1-9 SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN POR PENDIENTES DEL TERRENO | 5-90 |
| TABLA 5.1-10 SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN POR PRECIPITACIÓN | 5-90 |
| TABLA 5.1-11 VALORES DE AMENAZA DE INUNDACIÓN PARA LAS ÁREAS DE ESTUDIO..... | 5-91 |
| TABLA 5.1-12 AMENAZA POR INUNDACIÓN PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-91 |
| TABLA 5.1-13 SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA POR GEOMORFOLOGÍA | 5-99 |
| TABLA 5.1-14 SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA POR UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS)..... | 5-101 |
| TABLA 5.1-15 VALORACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL ASOCIADO CON LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA | 5-102 |
| TABLA 5.1-16 PROCESOS DE EROSIÓN (AREAL) PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA..... | 5-106 |
| TABLA 5.1-17 PROCESOS DE EROSIÓN (PUNTUAL) PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-106 |
| TABLA 5.1-18 TIPO DE COMBUSTIBLE PARA CADA COBERTURA DE TIERRA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA. SE PRESENTA LA CATEGORÍA DE AMENAZA Y SU CALIFICACIÓN DE ACUERDO AL IDEAM, 2011 | 5-113 |

| | |
|--|-------|
| TABLA 5.1-19 DURACIÓN DE COMBUSTIBLE PARA CADA COBERTURA DE TIERRA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA. SE PRESENTA LA CATEGORÍA DE AMENAZA Y SU CALIFICACIÓN DE ACUERDO AL IDEAM, 2011 | 5-115 |
| TABLA 5.1-20 CARGA TOTAL PARA CADA COBERTURA DE TIERRA DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA. SE PRESENTA LA CATEGORÍA DE AMENAZA Y SU CALIFICACIÓN DE ACUERDO AL IDEAM, 2011 | 5-116 |
| TABLA 5.1-21 CATEGORÍAS POR RANGOS DE SUSCEPTIBILIDAD | 5-118 |
| TABLA 5.1-22 SUSCEPTIBILIDAD DE LA VEGETACIÓN A INCENDIOS FORESTALES EN EL ÁREA DE ESTUDIOS | 5-119 |
| TABLA 5.1-23 AMENAZA DE LA VEGETACIÓN A INCENDIOS FORESTALES | 5-121 |
| TABLA 5.1-24 NÚMERO TOTAL DE REPORTE, LESIONES A SERES VIVOS, DAÑOS FÍSICOS, FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS, A PERSONAS AFECTADAS, PERSONAS MUERTAS. | 5-129 |
| TABLA 5.1-25 RELACIÓN ENTRE GRADO DE LA EROSIÓN Y SU IMPORTANCIA | 5-134 |
| TABLA 5.1-26 REPRESENTATIVIDAD DEL GRADO DE EROSIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO | 5-136 |
| TABLA 5.1-27 CLASIFICACIÓN DE AMENAZA POR GRADO DE EROSIÓN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA | 5-136 |
| TABLA 5.1-28 JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE ACUERDO CON SGC PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-146 |
| TABLA 5.1-29 ÁREA OCUPADA POR CADA UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DE ACUERDO CON EL SGC PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-148 |
| TABLA 5.1-30 JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE ACUERDO CON IGAC PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-151 |
| TABLA 5.1-31 ÁREA OCUPADA POR CADA UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DE ACUERDO CON EL SGC PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-153 |
| TABLA 5.1-32 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-155 |
| TABLA 5.1-33 RANGO DE PENDIENTES PARA EL ÁREA DE ESTUDIO | 5-168 |
| TABLA 5.1-34 RANGO DE INCLINACIÓN DE LAS LADERAS | 5-171 |
| TABLA 5.1-35 RANGO DE LONGITUD DE LA LADERA | 5-172 |
| TABLA 5.1-36 RANGO DE FORMA DE LADERA | 5-174 |
| TABLA 5.1-37 CLASIFICACIÓN DE PROCESOS EROSIVOS Y SU GRADO DE AFECTACIÓN | 5-176 |
| TABLA 5.1-38 PROCESOS EROSIVOS REGISTRADOS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA .. | 5-177 |
| TABLA 5.1-39 PROCESOS EROSIVOS CARTOGRAFIABLES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA 5-179 | 5-179 |
| TABLA 5.1-40 PRIMERA LETRA MAYÚSCULA PAISAJE | 5-196 |
| TABLA 5.1-41 SEGUNDA LETRA MAYÚSCULA CLIMA | 5-197 |
| TABLA 5.1-42 ATRIBUTOS (LETRAS MINÚSCULAS) | 5-197 |
| TABLA 5.1-43 UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-199 |
| TABLA 5.1-44 PERFIL DE SUELO UNIDAD CARTOGRÁFICA PWDB | 5-203 |
| TABLA 5.1-45 PERFIL DE SUELO UNIDAD CARTOGRÁFICA PWFA | 5-205 |
| TABLA 5.1-46 LOCALIZACIÓN CALICATAS ZONA DE ESTUDIO | 5-207 |
| TABLA 5.1-47 DESCRIPCIÓN PERFILES DE SUELO (CALICATAS) ZONA DE ESTUDIO | 5-208 |
| TABLA 5.1-48 DESCRIPCIÓN PERFILES DE SUELO (CAJUELAS) EN LA ZONA DE ESTUDIO | 5-217 |
| TABLA 5.1-49 LOCALIZACIÓN CALICATAS ZONA DE ESTUDIO | 5-224 |
| TABLA 5.1-50 PARÁMETROS FÍSICOS EVALUADOS | 5-230 |
| TABLA 5.1-51 PARÁMETROS FÍSICOS EVALUADOS | 5-230 |
| TABLA 5.1-52 ADHERENCIA DEL SUELO | 5-235 |
| TABLA 5.1-53 PLASTICIDAD DEL SUELO | 5-237 |
| TABLA 5.1-54 PARÁMETROS QUÍMICAS EVALUADOS | 5-239 |
| TABLA 5.1-55 PARÁMETROS QUÍMICOS EVALUADOS | 5-240 |
| TABLA 5.1-56 LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS | 5-255 |

| | |
|--|-------|
| TABLA 5.1-57 CONCENTRACIONES GEOQUÍMICAS NORMALES Y ANÓMALAS DE ALGUNOS ELEMENTOS TRAZAS EN SUELOS | 5-256 |
| TABLA 5.1-58 CRITERIOS UTILIZADOS EN LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER PARA IDENTIFICAR LA COBERTURA Y USO DEL SUELO | 5-259 |
| TABLA 5.1-59 USO ACTUAL DEL SUELO | 5-260 |
| TABLA 5.1-60 DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA Y USO POTENCIAL DEL SUELO | 5-268 |
| TABLA 5.1-61 DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA Y USO POTENCIAL DEL SUELO | 5-271 |
| TABLA 5.1-62 USO POTENCIAL DEL SUELO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-272 |
| TABLA 5.1-63 CONFLICTOS DE USO DEL SUELO DE ACUERDO CON LA METODOLOGÍA DEL IGAC | 5-275 |
| TABLA 5.1-64 CONFLICTO USO DEL SUELO..... | 5-277 |
| TABLA 5.1-65 VALORES DE DENSIDAD APARENTE DE LOS SUELOS ANALIZADOS | 5-282 |
| TABLA 5.1-66 RELACIÓN ENTRE GRADO DE LA EROSIÓN Y SU IMPORTANCIA | 5-285 |
| TABLA 5.1-67 REPRESENTATIVIDAD DEL GRADO DE EROSIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO | 5-286 |
| TABLA 5.1-68 CLASIFICACIÓN DE AMENAZA POR GRADO DE EROSIÓN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA | 5-287 |
| TABLA 5.1-69 CALIFICACIÓN DE LA SALINIDAD | 5-289 |
| TABLA 5.1-70 TENDENCIA DE LA DEGRADACIÓN POR DESERTIFICACIÓN EN EL ÁREA DE INFLUENCIA SEGÚN MAPA DE TENDENCIA A LA DESERTIFICACIÓN 2008 | 5-290 |
| TABLA 5.1-71 ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA..... | 5-293 |
| TABLA 5.1-72 SISTEMAS LÉNTICOS EN EL AI DEL PROYECTO | 5-296 |
| TABLA 5.1-73 PUNTOS DE CONTROL LEVANTADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL AI DEL PROYECTO..... | 5-300 |
| TABLA 5.1-74 CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA | 5-308 |
| TABLA 5.1-75 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA: ÁREA Y PERÍMETRO DE LA CUENCA | 5-322 |
| TABLA 5.1-76 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA: OTRAS MEDICIONES DE LA CUENCA | 5-323 |
| TABLA 5.1-77 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA: MEDICIONES DEL CAUCE PRINCIPAL | 5-323 |
| TABLA 5.1-78 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA: FORMA DE LA CUENCA..... | 5-324 |
| TABLA 5.1-79 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA: TIEMPO DE CONCENTRACIÓN | 5-326 |
| TABLA 5.1-80 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA: RED DE DRENAJE | 5-327 |
| TABLA 5.1-81 PATRONES DE DRENAJE EN EL ÁREA DE ESTUDIO | 5-331 |
| TABLA 5.1-82 ESTACIONES DE PRECIPITACIÓN UTILIZADAS..... | 5-347 |
| TABLA 5.1-83 ESTACIONES DE TEMPERATURA UTILIZADAS..... | 5-349 |
| TABLA 5.1-84 PERIODO DE TIEMPO CON INFORMACIÓN DE LAS ESTACIONES LIMNIGRÁFICAS DE CAUDAL .. 5- 350 | |
| TABLA 5.1-85 PERIODO DE TIEMPO CON INFORMACIÓN DE LAS ESTACIONES DE PRECIPITACIÓN | 5-351 |
| TABLA 5.1-86 PERIODO DE TIEMPO CON INFORMACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TEMPERATURA | 5-353 |
| TABLA 5.1-87 CÁLCULO DE LA COMPLETITUD DE LAS SERIES DE CAUDAL DISPONIBLES..... | 5-354 |
| TABLA 5.1-88 CÁLCULO DE LA COMPLETITUD DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN DIARIAS DISPONIBLES .. | 5-355 |
| TABLA 5.1-89 CÁLCULO DE LA COMPLETITUD DE LAS SERIES DE TEMPERATURA DISPONIBLES | 5-357 |
| TABLA 5.1-90 VALORES DEL ÍNDICE ONI ENTRE 1991 Y 2020 | 5-359 |
| TABLA 5.1-91 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LAS SERIES DE CAUDAL..... | 5-363 |
| TABLA 5.1-92 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN | 5-369 |
| TABLA 5.1-93 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LAS SERIES DE TEMPERATURA..... | 5-372 |
| TABLA 5.1-94 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TENDENCIA MANN-KENDALL DE LAS SERIES DE CAUDALES MENSUALES PROMEDIO | 5-373 |
| TABLA 5.1-95 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TENDENCIA MANN-KENDALL DE LAS SERIES DE PRECIPITACIÓN MENSUAL TOTAL | 5-375 |
| TABLA 5.1-96 SÍNTESIS DE CORRELACIONES LINEALES DE SERIES DE CAUDAL Y EL ÍNDICE SOI | 5-382 |
| TABLA 5.1-97 SÍNTESIS DE CORRELACIONES LINEALES DE SERIES DE PRECIPITACIÓN Y EL ÍNDICE SOI | 5-384 |
| TABLA 5.1-98 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MÉTODO THORNTWAITE | 5-392 |

| | |
|--|-------|
| TABLA 5.1-99 VERIFICACIÓN DEL AJUSTE DE LOS DATOS DE CAUDAL Y EL BALANCE HÍDRICO | 5-398 |
| TABLA 5.1-100 PARÁMETROS P Y A BASE PARA CÁLCULO DE RÉGIMEN DE CAUDALES UNIDADES HIDROGRÁFICAS | 5-402 |
| TABLA 5.1-101 RESULTADOS PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CAUDALES MÍNIMOS ANUALES ESTACIÓN PIEDRAS | 5-425 |
| TABLA 5.1-102 INFERENCIA DE CAUDALES MÍNIMOS ANUALES ESTACIÓN PIEDRAS EN EL RÍO OPÍA..... | 5-426 |
| TABLA 5.1-103 CAUDALES MÍNIMOS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA..... | 5-427 |
| TABLA 5.1-104 CAUDALES MÁXIMOS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA | 5-428 |
| TABLA 5.1-105 CAUDAL AMBIENTAL EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL AI | 5-442 |
| TABLA 5.1-106 EXTENSIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL AI..... | 5-444 |
| TABLA 5.1-107 PROPORCIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGA EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL AI. | 5-445 |
| TABLA 5.1-108 ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA DINÁMICA FLUVIAL EN LOS PUNTOS DE OCUPACIÓN DE CAUCE..... | 5-448 |
| TABLA 5.1-109 NIVELES DE INUNDACIÓN REPORTADOS EN CAMPO..... | 5-460 |
| TABLA 5.1-110 SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEL AI FÍSICO- BIÓTICO..... | 5-464 |
| TABLA 5.1-111 SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA DEL AI FÍSICO- BIÓTICO..... | 5-465 |
| TABLA 5.1-112 SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN DEL AI FÍSICO-BIÓTICO | 5-467 |
| TABLA 5.1-113 PUNTOS DE CONTROL MATERIAL DE FONDO CUERPOS DE AGUA EN EL AI | 5-469 |
| TABLA 5.1-114 RANGOS DE CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE ARIDEZ | 5-472 |
| TABLA 5.1-115 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE ARIDEZ DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA..... | 5-472 |
| TABLA 5.1-116 CALIFICACIÓN DE LOS RANGOS DEL IRH | 5-475 |
| TABLA 5.1-117 CÁLCULOS IRH DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA | 5-475 |
| TABLA 5.1-118 CÁLCULO DE LA OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DISPONIBLE..... | 5-478 |
| TABLA 5.1-119 CÁLCULO DE LA DEMANDA HÍDRICA..... | 5-479 |
| TABLA 5.1-120 CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL USO DEL AGUA, IUA | 5-480 |
| TABLA 5.1-121 MATRIZ ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO (IVH) | 5-482 |
| TABLA 5.1-122 CÁLCULO DEL IVH PARA LAS CUENCAS DELIMITADAS EN EL AI | 5-482 |
| TABLA 5.1-123 MATRIZ ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO (IVH) | 5-485 |
| TABLA 5.1-124 CÁLCULO DEL IVH PARA LAS CUENCAS DELIMITADAS EN EL AI | 5-485 |
| TABLA 5.1-125. ESTACIONES DE PRECIPITACIÓN UTILIZADAS..... | 5-488 |
| TABLA 5.1-126. ESTACIONES DE PRECIPITACIÓN UTILIZADAS..... | 5-493 |
| TABLA 5.1-127. ESTACIONES DE TEMPERATURA | 5-495 |
| TABLA 5.1-128. DENOMINACIÓN TERMAL | 5-498 |
| TABLA 5.1-129. DENOMINACIÓN SEGÚN PRECIPITACIÓN. | 5-499 |
| TABLA 5.1-130. HUMEDAD RELATIVA MENSUAL MULTIANUAL (%). | 5-501 |
| TABLA 5.1-131. CLASIFICACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO SEGÚN ESCALA DE BEAUFORT. | 5-501 |
| TABLA 5.1-132. VALORES MEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (M/S). | 5-502 |
| TABLA 5.1-133. LEYENDA MAPA ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA. | 5-503 |

Índice de figuras

| | |
|--|------|
| FIGURA 5.1-1 UNIDAD GEOLÓGICA BATOLITO DE IBAGUÉ A NIVEL REGIONAL | 5-15 |
| FIGURA 5.1-2 CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DEL BATOLITO DE IBAGUÉ A NIVEL REGIONAL | 5-15 |
| FIGURA 5.1-3 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA FORMACIÓN GUALANDAY INFERIOR | 5-17 |
| FIGURA 5.1-4 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA FORMACIÓN GUALANDAY MEDIO | 5-19 |
| FIGURA 5.1-5 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA FORMACIÓN GUALANDAY SUPERIOR | 5-20 |
| FIGURA 5.1-6 MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 5-23 |
| FIGURA 5.1-7 UNIDADES GEOLÓGICAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA..... | 5-25 |
| FIGURA 5.1-8 UNIDAD GEOLÓGICA DE DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES..... | 5-26 |
| FIGURA 5.1-9 DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-27 |
| FIGURA 5.1-10 DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES APROVECHADOS PARA CULTIVOS DE ARROZ Y GANADERÍA | 5-28 |
| FIGURA 5.1-11 DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES COMPUESTO DE SEDIMENTOS DE GRAN TAMAÑO | 5-28 |
| FIGURA 5.1-12 AFLORAMIENTO PERTENECIENTE AL ABANICO DE IBAGUÉ..... | 5-30 |
| FIGURA 5.1-13 ZONA DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO, DONDE NO SE REGISTRARON AFLORAMIENTOS PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ, DEBIDO A SU GRADO DE INCLINACIÓN Y EL USO ACTUAL DEL SUELO | 5-31 |
| FIGURA 5.1-14 DEPÓSITOS LAHARICOS, PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ..... | 5-32 |
| FIGURA 5.1-15 AFLORAMIENTOS PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ | 5-32 |
| FIGURA 5.1-16 BLOQUES ASOCIADOS A LOS DEPÓSITOS DE LAHAR, PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ | 5-33 |
| FIGURA 5.1-17 BLOQUES DE TAMAÑO CENTIMÉTRICO ASOCIADOS AL ABANICO DE IBAGUÉ..... | 5-33 |
| FIGURA 5.1-18 BLOQUES ASOCIADOS A LOS DEPÓSITOS DE LAHAR, PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ | 5-34 |
| FIGURA 5.1-19 DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS, PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ | 5-35 |
| FIGURA 5.1-20 DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS, PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ | 5-35 |
| FIGURA 5.1-21 DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS, PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ | 5-36 |
| FIGURA 5.1-22 DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS MODERADAMENTE CONSOLIDADOS, PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ | 5-36 |
| FIGURA 5.1-23 DEPÓSITOS DE COMPOSICIÓN PUMÁCEA, PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ | 5-37 |
| FIGURA 5.1-24 DEPÓSITOS DE COMPOSICIÓN PUMÁCEA, PERTENECIENTES AL ABANICO DE IBAGUÉ. SE OBSERVA SUAVIZADO EL TERRENO, DEBIDO AL MATERIAL VOLCÁNICO. | 5-37 |
| FIGURA 5.1-25 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA NUMERO 1 | 5-38 |
| FIGURA 5.1-26 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA NUMERO 2 | 5-39 |
| FIGURA 5.1-27 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA NUMERO 3 | 5-40 |
| FIGURA 5.1-28 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA NUMERO 4 | 5-41 |
| FIGURA 5.1-29 PERFIL GEOLÓGICO PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-42 |
| FIGURA 5.1-30 NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES PARA SUELOS | 5-47 |
| FIGURA 5.1-31 NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES PARA ROCA | 5-48 |
| FIGURA 5.1-32 DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO .. | 5-50 |
| FIGURA 5.1-33 UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL STF1 | 5-51 |
| FIGURA 5.1-34 UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL STF1 DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICO . | 5-52 |
| FIGURA 5.1-35 UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL STV4 DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICO | 5-52 |

| | |
|---|-------|
| FIGURA 5.1-36 UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL STV4 DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO BIÓTICO | 5-53 |
| FIGURA 5.1-37 UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL STV4 DENTRO DE LA ZONA DE INTERVENCIÓN | 5-53 |
| FIGURA 5.1-38 UNIDAD GEOLÓGICA SUPERFICIAL STV4 DENTRO DE LA ZONA DE INTERVENCIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA | 5-54 |
| FIGURA 5.1-39 FALLAS GEOLÓGICAS REGIONALES DENTRO DEL ÁREA DEFINIDA COMO GEOLOGÍA REGIONAL | 5-57 |
| FIGURA 5.1-40 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-58 |
| FIGURA 5.1-41 AMENAZA SÍSMICA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-61 |
| FIGURA 5.1-42 INTENSIDAD MÁXIMA OBSERVADA PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-62 |
| FIGURA 5.1-43 INTENSIDAD SÍSMICA ESPERADA PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-63 |
| FIGURA 5.1-44 DISTRIBUCIÓN DE LOS SISMOS REGISTRADOS EN UN BUFFER DE 25 KM ALREDEDOR DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-79 |
| FIGURA 5.1-45 MAGNITUD DE LOS SISMOS EN UN BUFFER DE 25 KM ALREDEDOR DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-80 |
| FIGURA 5.1-46 PROFUNDIDAD DE LOS SISMOS EN UN BUFFER DE 25 KM ALREDEDOR DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-81 |
| FIGURA 5.1-47 COMPONENTES FÍSICO-BIÓTICOS USADOS PARA DEFINIR EL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA EN SISTEMAS LÓTICOS | 5-85 |
| FIGURA 5.1-48 COMPONENTES FÍSICO-BIÓTICOS USADOS PARA DEFINIR EL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA EN SISTEMAS LÉNTICOS | 5-86 |
| FIGURA 5.1-49 RONDAS HÍDRICAS EN EL AI FÍSICO-BIÓTICA | 5-88 |
| FIGURA 5.1-50 SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACIONES PARA EL ÁREA DE ESTUDIO | 5-90 |
| FIGURA 5.1-51 AMENAZA POR INUNDACIÓN PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-92 |
| FIGURA 5.1-52 MARCO DE REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL PRESENTE PROYECTO | 5-96 |
| FIGURA 5.1-53 PRINCIPALES DATOS TENIDOS EN CUENTA PARA LA CARACTERIZACIÓN GEOAMBIENTAL PARA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL ÁREA DE ESTUDIO | 5-98 |
| FIGURA 5.1-54 ZONAS DE SUSCEPTIBILIDAD POR REMOCIÓN EN MASA | 5-108 |
| FIGURA 5.1-55 SUSCEPTIBILIDAD POR REMOCIÓN EN MASA PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-109 |
| FIGURA 5.1-56 CATEGORÍA POR REMOCIÓN EN MASA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-110 |
| FIGURA 5.1-57 AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-111 |
| FIGURA 5.1-58 TIPO DE COMBUSTIBLE PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-114 |
| FIGURA 5.1-59 CARGA TOTAL (BIOMASA) DE COMBUSTIBLE PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-117 |
| FIGURA 5.1-60 SUSCEPTIBILIDAD A INCENDIOS FORESTALES PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-119 |
| FIGURA 5.1-61 AMENAZA POR INCENDIOS FORESTALES PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-122 |
| FIGURA 5.1-62 REDES DE LOCALIZACIÓN DE RAYOS COLOMBIA | 5-124 |
| FIGURA 5.1-63 COBERTURA DE LA RED DE LOCALIZACIÓN Y DETECCIÓN DE RAYOS LINET | 5-125 |
| FIGURA 5.1-64 MAPA DE ISONIVELES CERÁUNICOS PARA COLOMBIA 1999 | 5-126 |
| FIGURA 5.1-65 VARIACIÓN MENSUAL DE RAYOS EN COLOMBIA, 2012 | 5-127 |
| FIGURA 5.1-66 AMENAZA POR NIVEL CERÁUNICO PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-129 |
| FIGURA 5.1-67 NÚMERO TORAL DE REPORTE, REPORTE DE LESIONES A SERES VIVOS, DAÑOS FÍSICOS Y FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS | 5-131 |
| FIGURA 5.1-68 CLASIFICACIÓN DE LA EROSIÓN, SEGÚN TIPO, GRADO Y CLASE | 5-134 |
| FIGURA 5.1-69 AMENAZA POR EROSIÓN (DESERTIZACIÓN) PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-137 |

| | |
|--|-------|
| FIGURA 5.1-70 ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN GENERAL..... | 5-138 |
| FIGURA 5.1-71 UBICACIÓN DE LOS VOLCANES SOBRE LOS ANDES COLOMBIANOS | 5-139 |
| FIGURA 5.1-72 AMENAZA VOLCÁNICA BAJA PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA..... | 5-140 |
| FIGURA 5.1-73 ESQUEMA DE JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA PROPUESTO POR EL SGC | 5-144 |
| FIGURA 5.1-74 DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE ACUERDO CON LA METODOLOGÍA DEL SGC PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA..... | 5-147 |
| FIGURA 5.1-75 DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE ACUERDO CON LA METODOLOGÍA DEL SGC PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA..... | 5-153 |
| FIGURA 5.1-76 GEOFORMAS PLANAS ASOCIADAS CON LA UNIDAD DE ABANICO Ó LAHAR. | 5-158 |
| FIGURA 5.1-77 GEOFORMA ABANICO (IGAC) O LAHAR (SGC) DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO- BIÓTICA..... | 5-159 |
| FIGURA 5.1-78 GEOFORMA ABANICO (IGAC) O LAHAR (SGC) DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO- BIÓTICA..... | 5-159 |
| FIGURA 5.1-79 GEOFORMA VALLECITO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-161 |
| FIGURA 5.1-80 GEOFORMA VALLECITO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-162 |
| FIGURA 5.1-81 GEOFORMA VALLECITO DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-162 |
| FIGURA 5.1-82 GEOFORMA DE VALLECITO | 5-162 |
| FIGURA 5.1-83 GEOFORMA DE SUPERFICIE DE EXPLANACIÓN | 5-163 |
| FIGURA 5.1-84 GEOFORMA DE SUPERFICIE DE EXPLANACIÓN | 5-164 |
| FIGURA 5.1-85 GEOFORMA DE CANTERA..... | 5-165 |
| FIGURA 5.1-86 GEOFORMA DE EMBALSE Y/O JAGÜEY | 5-166 |
| FIGURA 5.1-87 GEOFORMA DE EMBALSE Y/O JAGÜEY | 5-166 |
| FIGURA 5.1-88 GEOFORMA DE EMBALSE Y/O JAGÜEY | 5-167 |
| FIGURA 5.1-89 DISTRIBUCIÓN DE LAS PENDIENTES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA.. | 5-169 |
| FIGURA 5.1-90 PENDIENTES LIGERAMENTE PLANAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-170 |
| FIGURA 5.1-91 BAJAS PENDIENTES DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA | 5-170 |
| FIGURA 5.1-92 PENDIENTES MODERADAS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA..... | 5-170 |
| FIGURA 5.1-93 PENDIENTES A NIVEL..... | 5-171 |
| FIGURA 5.1-94 LADERAS MUY LARGAS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-173 |
| FIGURA 5.1-95 LADERAS MUY LARGAS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO (SUPERIOR A 1 KM)..... | 5-173 |
| FIGURA 5.1-96 PROCESO EROSIVO DE CARÁCTER PUNTUAL. ER-01 | 5-177 |
| FIGURA 5.1-97 LOCALIZACIÓN DE LOS PROCESOS EROSIVOS DE CARÁCTER PUNTUAL | 5-178 |
| FIGURA 5.1-98 PROCESO EROSIVO DE CARÁCTER AREAL. EP-01. TIERRAS DESNUDADAS Y DEGRADADAS | 5-179 |
| FIGURA 5.1-99 LOCALIZACIÓN DE LOS PROCESOS EROSIVOS DE CARÁCTER AREAL..... | 5-180 |
| FIGURA 5.1-100 ÁREA DE SEDIMENTACIÓN ACTIVA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 5-182 |
| FIGURA 5.1-101 ÁREAS DE SEDIMENTACIÓN ACTIVA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 5-182 |
| FIGURA 5.1-102 ÁREA DE SEDIMENTACIÓN ACTIVA. | 5-183 |
| FIGURA 5.1-103 DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS CON SEDIMENTACIÓN ACTIVA. COLOR AZUL DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO | 5-183 |
| FIGURA 5.1-104 FOTOGRAFÍAS AÉREAS PARA EL AÑO 1974..... | 5-187 |
| FIGURA 5.1-105 FOTOGRAFÍAS AÉREAS PARA EL AÑO 1981..... | 5-189 |
| FIGURA 5.1-106 FOTOGRAFÍAS AÉREAS PARA EL AÑO 2004..... | 5-191 |
| FIGURA 5.1-107 INTERPRETACIÓN DE LA IMAGEN SATELITAL DEL PROYECTO..... | 5-192 |
| FIGURA 5.1-108 PROCESOS MORFODINÁMICOS INTERPRETADOS A PARTIR DE LA IMAGEN SATELITAL ACTUAL CON SU RESPECTIVO CONTROL DE CAMPO | 5-193 |
| FIGURA 5.1-109 EJEMPLO UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELO | 5-196 |
| FIGURA 5.1-110 APERTURA DE CALICATAS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-198 |
| FIGURA 5.1-111 UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-201 |
| FIGURA 5.1-112 PUNTOS DE CONTROL SUELO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-206 |

| | |
|--|-------|
| FIGURA 5.1-113 LOCALIZACIÓN DE CAJUELAS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-216 |
| FIGURA 5.1-114 PUNTOS DE CONTROL SUELO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-225 |
| FIGURA 5.1-115 TOMA DE MUESTRAS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 5-229 |
| FIGURA 5.1-116 VALORES CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA | 5-232 |
| FIGURA 5.1-117 VALORES HUMEDAD | 5-233 |
| FIGURA 5.1-118 VALORES TEXTURAS | 5-234 |
| FIGURA 5.1-119 DISTRIBUCIÓN DE TEXTURA | 5-234 |
| FIGURA 5.1-120 MEDICIÓN PARÁMETRO ADHERENCIA EN CAMPO | 5-236 |
| FIGURA 5.1-121 ADHERENCIA DE SUELOS..... | 5-237 |
| FIGURA 5.1-122 MEDICIÓN PARÁMETRO PLASTICIDAD EN CAMPO | 5-238 |
| FIGURA 5.1-123 PLASTICIDAD DE LOS SUELOS..... | 5-239 |
| FIGURA 5.1-124 VALORES DE PH | 5-243 |
| FIGURA 5.1-125 VALORES CARBONO ORGÁNICO TOTAL | 5-244 |
| FIGURA 5.1-126 VALORES MATERIA ORGÁNICA | 5-245 |
| FIGURA 5.1-127 VALORES CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO | 5-246 |
| FIGURA 5.1-128 VALORES POTASIO INTERCAMBIABLE | 5-247 |
| FIGURA 5.1-129 VALORES CALCIO INTERCAMBIABLE | 5-248 |
| FIGURA 5.1-130 VALORES MAGNESIO INTERCAMBIABLE | 5-249 |
| FIGURA 5.1-131 VALORES CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO | 5-250 |
| FIGURA 5.1-132 VALORES ALUMINIO INTERCAMBIABLE | 5-251 |
| FIGURA 5.1-133 VALORES NITRÓGENO TOTAL | 5-252 |
| FIGURA 5.1-134 VALORES SATURACIÓN DE BASES | 5-253 |
| FIGURA 5.1-135 VALORES REDOX..... | 5-254 |
| FIGURA 5.1-136 VALORES HIERRO TOTAL | 5-257 |
| FIGURA 5.1-137 VALORES ARSÉNICO TOTAL..... | 5-257 |
| FIGURA 5.1-138 VALORES SELENIO TOTAL..... | 5-257 |
| FIGURA 5.1-139 VALORES BARIO TOTAL | 5-257 |
| FIGURA 5.1-140 VALORES MERCURIO TOTAL | 5-258 |
| FIGURA 5.1-141 VALORES GRASAS Y ACEITES | 5-258 |
| FIGURA 5.1-142 USO ACTUAL DEL SUELO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 5-262 |
| FIGURA 5.1-143 USO ACTUAL CULTIVOS TRANSITORIOS INTENSIVOS | 5-263 |
| FIGURA 5.1-144 USO ACTUAL RESIDENCIAL..... | 5-263 |
| FIGURA 5.1-145 USO ACTUAL PROTECCIÓN..... | 5-264 |
| FIGURA 5.1-146 USO ACTUAL SERVICIOS | 5-264 |
| FIGURA 5.1-147 USO ACTUAL GANADERÍA | 5-265 |
| FIGURA 5.1-148 USO ACTUAL INDUSTRIAL | 5-266 |
| FIGURA 5.1-149 USO ACTUAL TRANSPORTE | 5-266 |
| FIGURA 5.1-150 USO ACTUAL PISCICULTURA | 5-267 |
| FIGURA 5.1-151 CLASE AGROLÓGICA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-271 |
| FIGURA 5.1-152 USO POTENCIAL DEL SUELO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-273 |
| FIGURA 5.1-153 CONFLICTO USO DEL SUELO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO | 5-279 |
| FIGURA 5.1-154 ANÁLISIS DE LA FERTILIDAD DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 5-281 |
| FIGURA 5.1-155 CLASIFICACIÓN DE LA EROSIÓN, SEGÚN TIPO, GRADO Y CLASE | 5-284 |
| FIGURA 5.1-156 AMENAZA POR EROSIÓN (DESERTIZACIÓN) PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA 5-287 | |
| FIGURA 5.1-157 LOCALIZACIÓN HIDROGRÁFICA DEL PROYECTO..... | 5-295 |
| FIGURA 5.1-158 CUENCA QUEBRADA INNOMINADA 3 EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-310 |
| FIGURA 5.1-159 CUENCA QUEBRADA AGUA SUCIA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-310 |
| FIGURA 5.1-160 CUENCA QUEBRADA INNOMINADA 4 EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-311 |

| | |
|--|-------|
| FIGURA 5.1-161 CUENCA QUEBRADA EL RODEO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-311 |
| FIGURA 5.1-162 CUENCA QUEBRADA OCONA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-312 |
| FIGURA 5.1-163 CUENCA QUEBRADA BORBONA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO..... | 5-313 |
| FIGURA 5.1-164 CUENCA QUEBRADA GUACARÍ EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-314 |
| FIGURA 5.1-165 CUENCA QUEBRADA INNOMINADA 1 EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-314 |
| FIGURA 5.1-166 CUENCA QUEBRADA ZANJA HONDA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO..... | 5-315 |
| FIGURA 5.1-167 CUENCA QUEBRADA LOS HURONES (QUEBRADA EL BUSTAMANTE) EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-315 |
| FIGURA 5.1-168 CUENCA QUEBRADA LAS ABEJAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO..... | 5-316 |
| FIGURA 5.1-169 CUENCA QUEBRADA DOIMA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-316 |
| FIGURA 5.1-170 CUENCA QUEBRADA GARABETERA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-317 |
| FIGURA 5.1-171 CUENCA QUEBRADA LA PEDREGOSA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-317 |
| FIGURA 5.1-172 CUENCA QUEBRADA INNOMINADA 2 EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-318 |
| FIGURA 5.1-173 CUENCA RÍO OPÍA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-318 |
| FIGURA 5.1-174 CUENCA QUEBRADA SAN JAVIER EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO..... | 5-319 |
| FIGURA 5.1-175 CUENCA QUEBRADA ARMADILLOS DOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-319 |
| FIGURA 5.1-176 CUENCA QUEBRADA MIRAGATOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-320 |
| FIGURA 5.1-177 CUENCA QUEBRADA AMBAFER EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 5-320 |
| FIGURA 5.1-178 CUENCA RÍO CHÍPALO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO..... | 5-321 |
| FIGURA 5.1-179 CAUDALES DIARIOS MEDIOS DE LA ESTACIÓN PIEDRAS - AUT [21227010]..... | 5-362 |
| FIGURA 5.1-180 CAUDALES DIARIOS MEDIOS DE LA ESTACIÓN BOCATOMA [21217250]..... | 5-362 |
| FIGURA 5.1-181 PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACIÓN ACEITUNO EL [21220050] | 5-368 |
| FIGURA 5.1-182 PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACIÓN SECRETO EL [21210080]..... | 5-369 |
| FIGURA 5.1-183 TEMPERATURA DIARIA MÍNIMA DE LA ESTACIÓN AEROPUERTO PERALES [21245040] .. | 5-370 |
| FIGURA 5.1-184 TEMPERATURA ANUAL MEDIA DE LA ESTACIÓN CHICORAL [21215080] | 5-371 |
| FIGURA 5.1-185 TEMPERATURA DIARIA MÁXIMA DE LA ESTACIÓN AEROPUERTO PERALES [21245040].. | 5-371 |
| FIGURA 5.1-186 RESULTADO PRUEBA MANN-KENDALL CAUDAL MENSUAL PROMEDIO MÁXIMO DE LA ESTACIÓN BOCATOMA [21217250] | 5-373 |
| FIGURA 5.1-187 RESULTADO PRUEBA MANN-KENDALL CAUDAL MENSUAL PROMEDIO MEDIO DE LA ESTACIÓN MONTEZUMA [21217180] | 5-374 |
| FIGURA 5.1-188 RESULTADO PRUEBA MANN-KENDALL CAUDAL MENSUAL PROMEDIO MÁXIMO DE LA ESTACIÓN MONTEZUMA [21217180] | 5-374 |
| FIGURA 5.1-189 RESULTADO PRUEBA MANN-KENDALL CAUDAL MENSUAL PROMEDIO MÍNIMO DE LA ESTACIÓN PIEDRAS - AUT [21227010] | 5-374 |
| FIGURA 5.1-190 RESULTADO PRUEBA MANN-KENDALL PRECIPITACIÓN MENSUAL TOTAL DE LA ESTACIÓN JUNTAS LAS [21210020]..... | 5-376 |
| FIGURA 5.1-191 RESULTADO PRUEBA MANN-KENDALL PRECIPITACIÓN MENSUAL TOTAL DE LA ESTACIÓN BUENOS AIRES [21210200] | 5-376 |
| FIGURA 5.1-192 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS MEDIOS DE LA ESTACIÓN PTE CARRETERA [2121720]..... | 5-377 |
| FIGURA 5.1-193 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS DE LA ESTACIÓN BOCATOMA [21217250] | 5-377 |
| FIGURA 5.1-194 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACIÓN SAN JUAN DE CHINA [21240030] | 5-378 |
| FIGURA 5.1-195 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE PRECIPITACIÓN DIARIA DE LA ESTACIÓN SANTA ISABEL [21255110]..... | 5-378 |
| FIGURA 5.1-196 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE TEMPERATURA DIARIA MÍNIMA DE LA ESTACIÓN APTO PERALES [21245040]..... | 5-379 |

| | |
|--|-------|
| FIGURA 5.1-197 DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES DE TEMPERATURA DIARIA MÁXIMA DE LA ESTACIÓN APTO PERALES [21245040] | 5-379 |
| FIGURA 5.1-198 CORRELACIÓN LINEAL ENTRE EL CAUDAL MÍNIMO MENSUAL DE LA ESTACIÓN MONTEZUMA [21217180] Y EL ÍNDICE SOI [1991-2018] | 5-383 |
| FIGURA 5.1-199 CORRELACIÓN LINEAL ENTRE EL CAUDAL MÍNIMO MENSUAL DE LA ESTACIÓN PIEDRAS - AUT [21227010] Y EL ÍNDICE SOI [1991-2018]..... | 5-384 |
| FIGURA 5.1-200 CORRELACIÓN LINEAL ENTRE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA ESTACIÓN TOCHE [21210180] Y EL ÍNDICE SOI [2001-2020] | 5-385 |
| FIGURA 5.1-201 CORRELACIÓN LINEAL ENTRE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LA ESTACIÓN SAN JUAN DE CHINA [21240030] Y EL ÍNDICE SOI [2001-2020] | 5-386 |
| FIGURA 5.1-202 VARIACIÓN ESPACIAL DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MÉTODO CENICAFÉ.... | 5-393 |
| FIGURA 5.1-203 VARIACIÓN ESPACIAL EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL MÉTODO THORNTWAITE | 5-395 |
| FIGURA 5.1-204 VARIACIÓN ESPACIAL EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL MÉTODO CENICAFÉ | 5-396 |
| FIGURA 5.1-205 BALANCE HÍDRICO – MÉTODO THORNTWAITE..... | 5-397 |
| FIGURA 5.1-206 BALANCE HÍDRICO – MÉTODO CENICAFÉ | 5-398 |
| FIGURA 5.1-207 RÉGIMEN CAUDAL ESTACIÓN PIEDRAS - RÍO OPÍA (1991 - 2018)..... | 5-399 |
| FIGURA 5.1-208 VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL | 5-400 |
| FIGURA 5.1-209 DELIMITACIÓN UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL AI..... | 5-401 |
| FIGURA 5.1-210 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA INNOMINADA 3 | 5-403 |
| FIGURA 5.1-211 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA AGUA SUCIA..... | 5-404 |
| FIGURA 5.1-212 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA INNOMINADA 4 | 5-405 |
| FIGURA 5.1-213 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA EL RODEO | 5-406 |
| FIGURA 5.1-214 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA HONDA..... | 5-407 |
| FIGURA 5.1-215 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA OCONA | 5-408 |
| FIGURA 5.1-216 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA BORBONA..... | 5-409 |
| FIGURA 5.1-217 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA GUACARÍ | 5-410 |
| FIGURA 5.1-218 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA INNOMINADA 1 | 5-411 |
| FIGURA 5.1-219 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA ZANJA HONDA..... | 5-412 |
| FIGURA 5.1-220 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA LOS HURONES (QUEBRADA EL BUSTAMANTE) .. | 5-413 |
| FIGURA 5.1-221 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA LAS ABEJAS..... | 5-414 |
| FIGURA 5.1-222 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA DOIMA | 5-415 |
| FIGURA 5.1-223 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA GARABETERA | 5-416 |
| FIGURA 5.1-224 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA LA PEDREGOSA..... | 5-417 |
| FIGURA 5.1-225 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA INNOMINADA 2 | 5-418 |
| FIGURA 5.1-226 RÉGIMEN DE CAUDALES DEL RÍO OPÍA | 5-419 |
| FIGURA 5.1-227 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA SAN JAVIER..... | 5-420 |
| FIGURA 5.1-228 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA ARMADILLOS DOS | 5-421 |
| FIGURA 5.1-229 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA MIRAGATOS | 5-422 |
| FIGURA 5.1-230 RÉGIMEN DE CAUDALES DE LA QUEBRADA AMBAFER | 5-423 |
| FIGURA 5.1-231 RÉGIMEN DE CAUDALES DEL RÍO CHÍPALO | 5-424 |
| FIGURA 5.1-232 RENDIMIENTO DE CAUDALES MÍNIMOS CONTRA TIEMPO DE RETORNO DE LA ESTACIÓN PIEDRAS EN EL RÍO OPÍA | 5-426 |
| FIGURA 5.1-233 CDC DE LA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-430 |
| FIGURA 5.1-234 CDC DE LA QUEBRADA INNOMINADA 3 ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-431 |
| FIGURA 5.1-235 CDC DE LA QUEBRADA AGUA SUCIA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018]..... | 5-431 |
| FIGURA 5.1-236 CDC DE LA QUEBRADA INNOMINADA 4 ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-431 |
| FIGURA 5.1-237 CDC DE LA QUEBRADA EL RODEO ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018]..... | 5-432 |
| FIGURA 5.1-238 CDC DE LA QUEBRADA HONDA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018]..... | 5-432 |

| | |
|--|-------|
| FIGURA 5.1-239 CDC DE LA QUEBRADA OCONA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018]..... | 5-433 |
| FIGURA 5.1-240 CDC DE LA QUEBRADA BORBONA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-433 |
| FIGURA 5.1-241 CDC DE LA QUEBRADA GUACARÍ ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-434 |
| FIGURA 5.1-242 CDC DE LA QUEBRADA INNOMINADA 1 ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-434 |
| FIGURA 5.1-243 CDC DE LA QUEBRADA ZANJA HONDA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-435 |
| FIGURA 5.1-244 CDC DE LA QUEBRADA LOS HURONES (QUEBRADA EL BUSTAMANTE) ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018]..... | 5-435 |
| FIGURA 5.1-245 CDC DE LA QUEBRADA LAS ABEJAS ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018]..... | 5-436 |
| FIGURA 5.1-246 CDC DE LA QUEBRADA DOIMA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-436 |
| FIGURA 5.1-247 CDC DE LA QUEBRADA GARABETERA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-437 |
| FIGURA 5.1-248 CDC DE LA QUEBRADA LA PEDREGOSA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-437 |
| FIGURA 5.1-249 CDC DE LA QUEBRADA INNOMINADA 2 ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-438 |
| FIGURA 5.1-250 CDC DEL RÍO OPÍA ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-438 |
| FIGURA 5.1-251 CDC DE LA QUEBRADA SAN JAVIER ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018]..... | 5-439 |
| FIGURA 5.1-252 CDC DE LA QUEBRADA ARMADILLOS DOS ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018]..... | 5-439 |
| FIGURA 5.1-253 CDC DE LA QUEBRADA MIRAGATOS ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-440 |
| FIGURA 5.1-254 CDC DE LA QUEBRADA AMBAFER ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018] | 5-440 |
| FIGURA 5.1-255 CDC DEL RÍO CHÍPALO ESTACIÓN PIEDRAS [1991 - 2018]..... | 5-441 |
| FIGURA 5.1-256 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL AMBIENTAL A PARTIR DE LA CDC | 5-442 |
| FIGURA 5.1-257 ZONAS DE RECARGA CON RESPECTO A LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL AI | 5-444 |
| FIGURA 5.1-258 MANCHAS DE INUNDACIÓN EVENTOS NIÑA 1988EN EL AI | 5-457 |
| FIGURA 5.1-259 MANCHAS DE INUNDACIÓN EVENTOS NIÑA 2000 EN EL AI | 5-458 |
| FIGURA 5.1-260 MANCHAS DE INUNDACIÓN EVENTOS NIÑA 2012 EN EL AI | 5-460 |
| FIGURA 5.1-261 LOCALIZACIÓN PUNTOS DE CONTROL DE NIVELES DE INUNDACIÓN EN EL AI FÍSICO-BIÓTICA | 5-462 |
| FIGURA 5.1-262 COMPONENTES FÍSICO-BIÓTICOS USADOS PARA DEFINIR EL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA EN SISTEMAS LÓTICOS..... | 5-463 |
| FIGURA 5.1-263 COMPONENTES FÍSICO-BIÓTICOS USADOS PARA DEFINIR EL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA EN SISTEMAS LÉNTICOS..... | 5-464 |
| FIGURA 5.1-264 RONDAS HÍDRICAS EN EL AI FÍSICO-BIÓTICA..... | 5-467 |
| FIGURA 5.1-265 PUNTOS DE CONTROL DE OBSERVACIÓN DE MATERIAL DE FONDO EN EL AI FÍSICO-BIÓTICA | 5-471 |
| FIGURA 5.1-266 ÍNDICE DE ARIDEZ DEL ÁREA DE INFLUENCIA | 5-474 |
| FIGURA 5.1-267 ÍNDICE DE USO DEL AGUA DEL ÁREA DE INFLUENCIA | 5-481 |
| FIGURA 5.1-268 ÍNDICE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA ... | 5-484 |
| FIGURA 5.1-269 ÍNDICE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA ... | 5-487 |
| FIGURA 5.1-270 ESTACIONES METEOROLÓGICAS..... | 5-489 |
| FIGURA 5.1-271 DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN (MM/AÑO) | 5-494 |
| FIGURA 5.1-272 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA (GRADOS CENTÍGRADOS)..... | 5-496 |
| FIGURA 5.1-273 ROSA DE VIENTOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO | 5-503 |
| FIGURA 5.1-274 ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA PARA EL ÁREA DE ESTUDIO..... | 5-505 |

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 Medio abiótico

5.1.1 Geología

El área de influencia físico-biótica definida para el "Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La", se localiza geográficamente dentro de los municipios de Piedras e Ibagué, ambos pertenecientes al departamento del Tolima. Dicho proyecto, se localiza a su vez, sobre el flanco oriental de la Cordillera Central, sobre la plancha geológica 245 Girardot, elaborada por el Servicio Geológico Colombiano, en el año 2002.

Desde el punto de vista geológico, el área de estudio a nivel regional se localiza, dentro de las cuencas hidrográficas del Río Coello, Río Totaré y el Río Opía. En este sentido, para la caracterización geológica, fueron consultados los Planes de Ordenación de Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) del río Coello y río Totare, elaborados por la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA).

Con el fin de enmarcar el presente proyecto, dentro del contexto geológico regional del flanco oriental de la Cordillera Central, fueron descritas las unidades litoestratigráficas y las estructuras geológicas dentro de las cuencas hidrográficas aferentes definidas para el desarrollo del EIA proyecto fotovoltaico Shangri-La. Esto se hace, con el fin de enmarcar el área de influencia Físico-Biótica del presente proyecto, dentro de un contexto geológico regional, que permita conocer las características geológicas más importantes que controlan el área de estudio.

No se realiza la descripción de la totalidad de unidades geológicas que pertenecen a las cuencas hidrográficas, donde se localiza el proyecto (Totare, Coello y Opía), debido a que su descripción se hace extensa y a su vez dichas unidades y rasgos estructurales no

le aportan al conocimiento del marco geológico regional del área de estudio, ya que este es controlado en su gran mayoría por los depósitos pertenecientes al Abanico de Ibagué.

5.1.1.1 Estratigrafía/Caracterización litológica

5.1.1.1.1 Estratigrafía regional

De acuerdo con lo mencionado con anterioridad a nivel regional, dentro de las cuencas hidrográficas aferentes al proyecto, afloran tres unidades geológicas definidas como: Batolito de Ibagué, Grupo Gualanday y el Abanico de Ibagué.

Para la descripción de las unidades geológicas cartografiadas se utilizaron los trabajos realizados por el Servicio Geológico Colombiano (Plancha 245 Girardot) y los POMCAS del río Coello y río Totare.

5.1.1.1.1.1 Batolito de Ibagué (J-Pi)

Nelson (1959) denomina Batolito de Ibagué a un cuerpo ígneo intrusivo de composición granodiorítica, de forma elongada en dirección NNE - SSW. El Batolito de Ibagué aflora a lo largo del flanco oriental de la Cordillera Central y conforma una franja continua desde un poco al norte de Armero, en el norte del departamento del Tolima, hasta el sur de La Plata, en el Departamento del Huila. La cartografía geológica sistemática que adelanta INGEOMINAS, ha comprobado esta apreciación; Núñez (1999a) afirma que el Batolito del Páez, Macizo de La Plata – La Topa y el Plutón Granitoide de La Plata corresponden a la extensión sur del Batolito de Ibagué. En la Plancha 245, el Batolito de Ibagué aflora en un amplio sector del extremo noroccidental de la plancha (SGC, 2002).

Las mejores exposiciones del cuerpo ígneo están a lo largo de los drenajes, como son el río La China y las quebradas La Pitala, Pedregosa y La Chumba. El Batolito de Ibagué es un cuerpo intrusivo de litología variada; Núñez (1999a), con base en la recopilación

del análisis de 154 muestras de rocas, muestra cómo el cuerpo ígneo varía en composición desde cuarzdiorita hasta granito; en donde el promedio composicional es granodiorita (36,36%), tonalita (26,62%), cuarzdiorita (14,29%), cuarzomonzodiorita (12,34%), granito (7,79%) y cuarzomonzonita (2,60%). De acuerdo con Núñez (1999a), la roca más común es holocristalina fanerítica con tamaño de cristales medio a grueso, color gris de diversos tonos, ocasionalmente con tinte rosado, producto de teñido de los materiales claros con óxidos de hierro provenientes de la descomposición de los ferromagnesianos. Está constituida por cuarzo vítreo de color gris, feldespatos blancos grises, ocasionalmente rosados, en el caso de los potásicos, hornblenda verde oscura y biotita parda a negra; la constitución mineralógica es simple, y varía básicamente el porcentaje de los minerales esenciales de acuerdo con la composición litológica. Microscópicamente, las rocas más representativas son holocristalinas, hipidiomórficas e inequigranulares (SGC; 2002).

El Batolito de Ibagué intruye a los Neises y Anfibolitas de Tierradentro y está cubierto de manera discordante por el Abanico de Ibagué (Núñez 1999a). Según Núñez (1999a), las relaciones estratigráficas del Batolito de Ibagué indican que el plutón se emplazó después del Triásico y antes del Aptiano-Albiano, tiempo que corresponde al lapso Jurásico. Esta posición estratigráfica está confirmada por varias dataciones isotópicas que indican el rango entre 131+2 y 151 + 4 Ma que corresponde al lapso Jurásico medio - tardío - a Cretácico temprano (SGC; 2002).

Algunas fotografías que muestran las características geológicas del Batolito de Ibagué, se presentan a continuación (**Figura 5.1-1 y Figura 5.1-2**). Dichas fotografías fueron tomadas del Ajuste parcial al Plan de Ordenación y Manejo de la Subzona Hidrográfica del río Totare (Cortolima, 2018).

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-1 Unidad geológica Batolito de Ibagué a nivel regional

Fuente: CORTOLIMA, 2018



Figura 5.1-2 Características litológicas del Batolito de Ibagué a nivel regional

Fuente: CORTOLIMA, 2018

Esta unidad geológica no aflora dentro del área de influencia Físico-Biótica definida para el presente proyecto. Sólo hace parte del contexto geológico regional.

5.1.1.1.1.2 Grupo Gualanday (e6e9-Sc)

Sheibe (1934) menciona inicialmente los "Pisos del Gualanday", para referirse a una secuencia localizada en los alrededores de la población de Gualanday (G-3); Raasveldt (1956) divide la unidad en tres miembros informales; Téllez & Navas (1962) proponen su localidad tipo sobre la carretera Gualanday-Chicoral que sigue el canal de irrigación en la margen derecha del río Coello; van Houten & Travis (1968) lo suben a la categoría de grupo y sus divisiones a formaciones. Para la Plancha 245, el Grupo Gualanday se divide en las formaciones Gualanday Inferior, Gualanday Medio y Gualanday Superior.

5.1.1.1.1.2.1 Formación Gualanday Inferior (ePggi)

Subdivisión del Gualanday propuesta por Raasveldt (1956) y elevada al nivel de formación por van Houten & Travis (1968); Téllez & Navas (1962) propone su localidad tipo sobre la carretera Gualanday-Chicoral que sigue el canal de irrigación en la margen derecha del río Coello. Aflora en el núcleo del Anticlinal de Gualanday, en los flancos de Sinclinal de Los Naranjos y Gualanday. Una columna estratigráfica tipo de esta unidad geológica se presenta a continuación (**Figura 5.1-3**).

La unidad consta de capas medias a gruesas de arenitas de cuarzo con intercalaciones de arcillolitas; la geometría de las capas es convergente. Las arenitas son De grano medio, grueso hasta conglomerático, de color blanco, en muestra fresca y rojo en muestra alterada, por acción de la oxidación; presentan clastos de feldespatos y líticos de chert. Estratificación inclinada plana. Se presentan óxidos de hierro en costras paralelas a la estratificación, que rellenan fracturas, además de abundante presencia de moscovita y minerales pesados (SGC, 2002).

Ibagué y Piedras (Tolima)

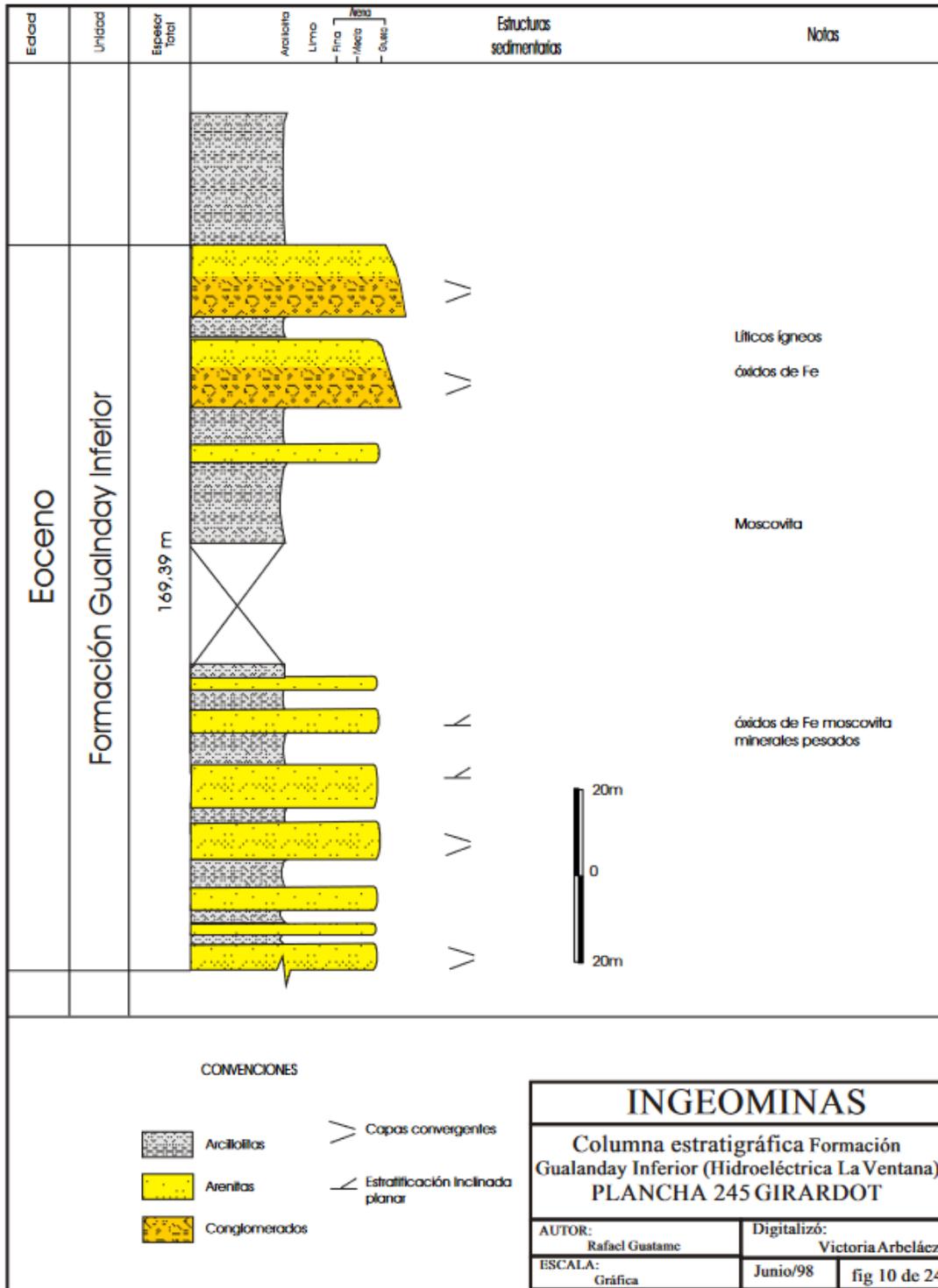


Figura 5.1-3 Columna estratigráfica generalizada Formación Gualanday Inferior

Fuente: SGC, 2002

5.1.1.1.1.2.2 *Formación Gualanday Medio (Pggm)*

La unidad consiste en una secuencia de lodolitas abigarradas, generalmente moradas y rojizas, físis, con alto contenido de moscovita. Hacia la parte media y superior de la unidad ocurren intercalaciones de arenitas lodosas, de grano medio, en capas delgadas a gruesas, con geometría lenticular. Las lodolitas generan una morfología suave, sobre la cual resaltan las capas de arena y los conglomerados pertenecientes a la unidad suprayacente (**Figura 5.1-4**).

El contacto inferior con la Formación Gualanday Inferior es transicional, al igual que el contacto superior con la Formación Gualanday Superior que también es transicional. La Formación Gualanday Medio es sinónimo de la Formación Potrerillo, se correlaciona con el Miembro Almácigos de la Formación San Juan de Río Seco

5.1.1.1.1.2.3 *Formación Gualanday Superior (Pggs)*

La unidad tiene un espesor de 148,6 m. La secuencia hace parte del flanco este del Anticlinal de Gualanday. La unidad se encuentra conformada por conglomerados gruesos (gravas a cantos), clasto-soportados, con cantos redondeados de cuarzo, chert, rocas ígneas y metamórficas, que alcanzan cerca de 10-15 cm de diámetro, dentro de una matriz de arena gruesa. Hacia la parte inferior ocurren secuencias granodecipientes de arenitas gruesas hasta conglomerados de cantos; estas secuencias se encuentran intercaladas con capas delgadas a medias de arcillolitas. Hacia la parte superior, los conglomerados son más potentes, las capas de arenitas desaparecen y las arcillolitas se encuentran en menor proporción (**Figura 5.1-5**).

La Formación Gualanday Superior es sinónimo con la Formación Doima y la Formación Avechucos y se correlaciona en posición estratigráfica con el Miembro La Cruz de la Formación San Juan de Río Seco y los Conglomerados de Carmen de Apicalá.

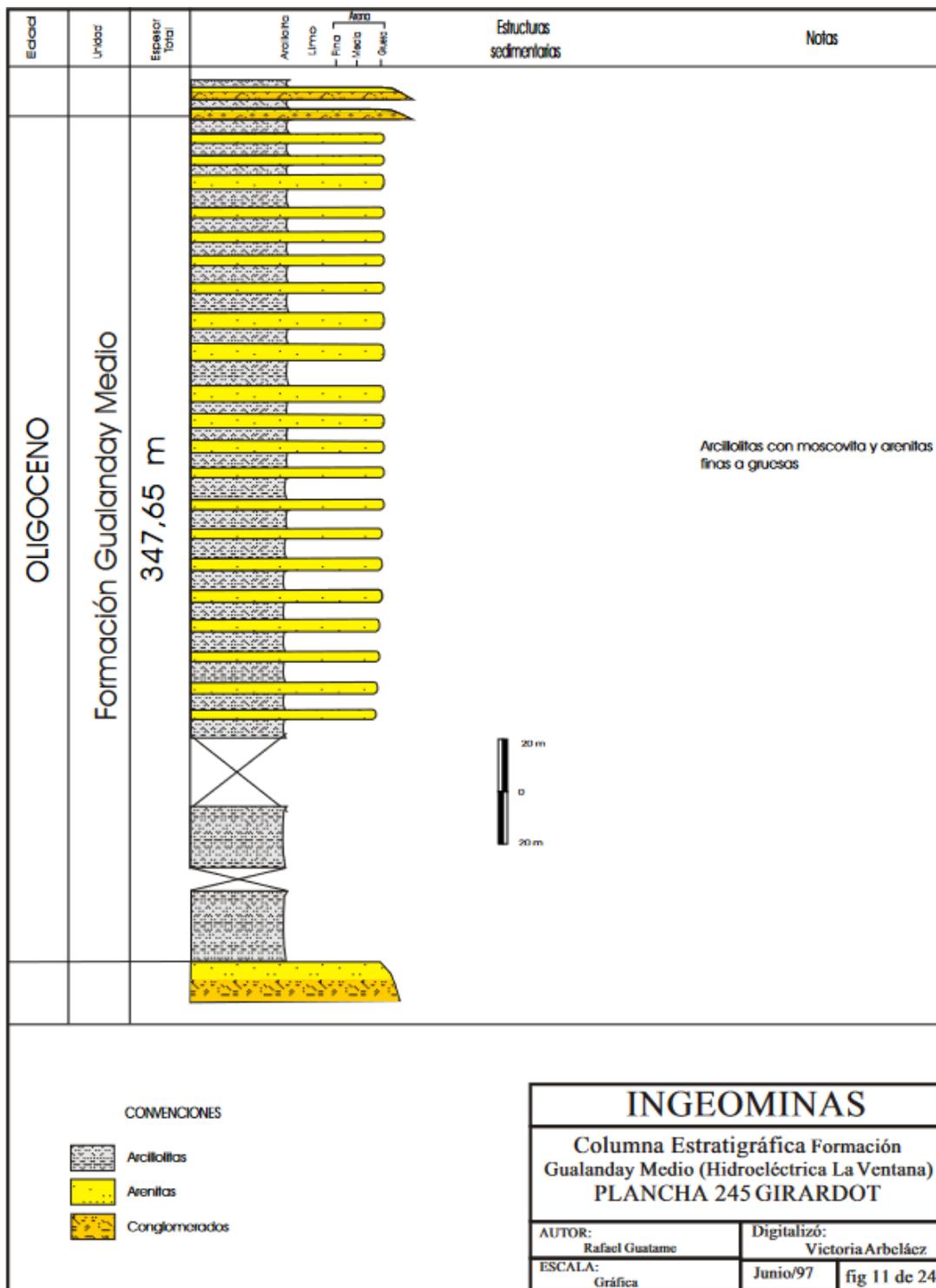


Figura 5.1-4 Columna estratigráfica generalizada Formación Gualanday Medio

Fuente: SGC, 2002

Ibagué y Piedras (Tolima)

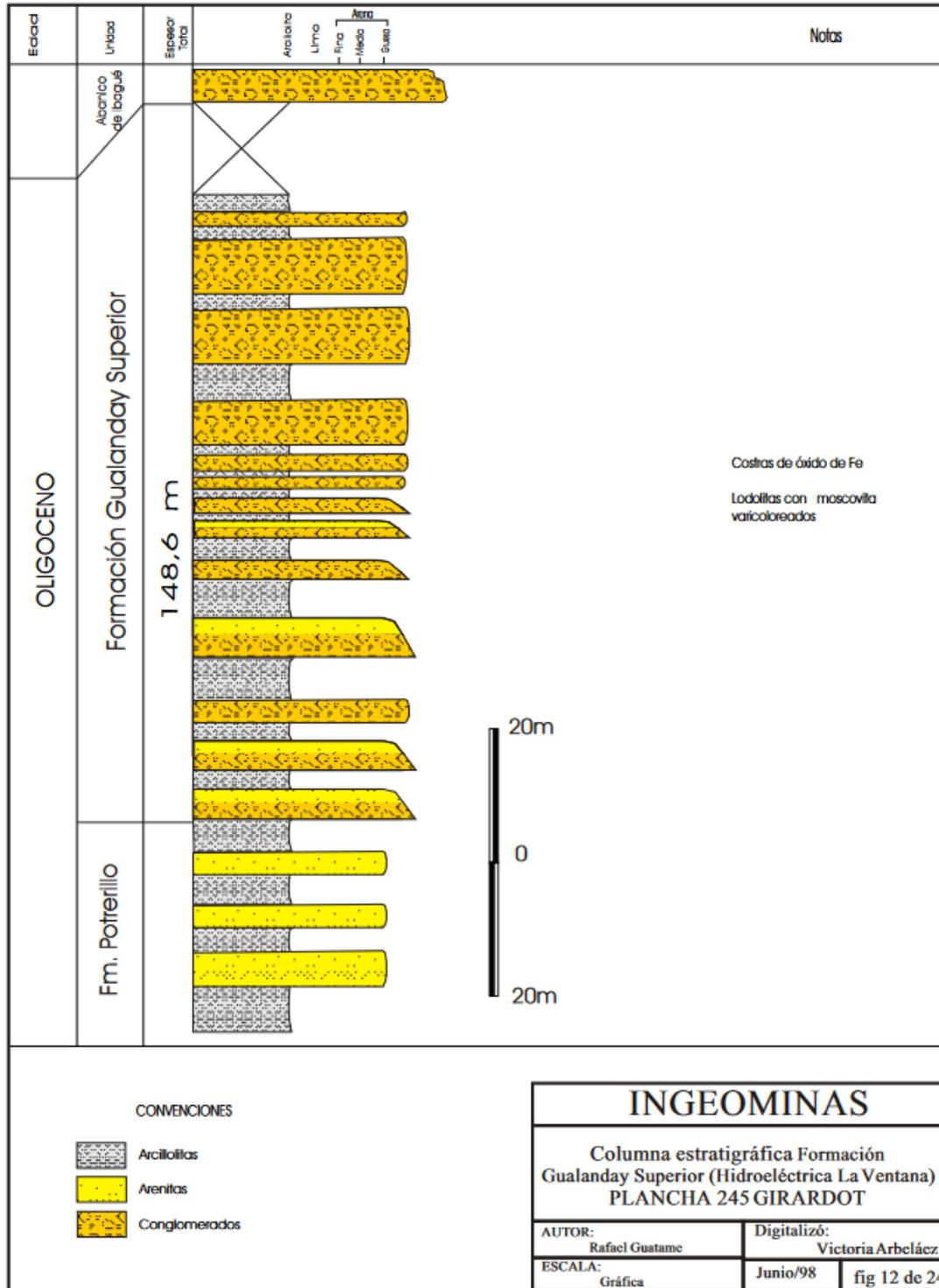


Figura 5.1-5 Columna estratigráfica generalizada Formación Gualanday Superior

Fuente: SGC, 2002

Esta unidad geológica no aflora dentro del área de influencia Físico-Biótica definida para el presente proyecto. Sólo hace parte del contexto geológico regional.

5.1.1.1.1.3 Abanico de Ibagué (Qai)

Con este nombre se denomina a una serie de depósitos volcaniclásticos en su mayoría generados en diversos eventos de actividad del volcán Nevado del Tolima, los cuales, rellenaron una paleotopografía deprimida en un proceso de "pulsos" sedimentarios. Los productos resultantes se desplazaron por el cauce del río Combeima y, por las características topográficas, fueron depositados como conos de deyección (SGC, 2002).

Presenta una morfología suavemente ondulada en su ápice, en la franja estrecha limitada por el Batolito de Ibagué, donde se encuentra la mayor parte del área urbana. Los depósitos reconocidos dentro del Abanico de Ibagué han sido considerados de alta energía y corresponden a lahares, intercalados en menor proporción con flujos piroclásticos y flujos de canales de corriente. Cuando estas masas heterogéneas y heteomícticas emergen de la parte alta y experimentan un cambio brusco de pendiente, se produce una dispersión de energía, que hacen que el material se deposite y se extienda sobre un área en diferentes direcciones o brazos, a semejanza de una forma de cono; definidos como cono aluvial o de deyección (SGC, 2002).

Tal es el caso del abanico de Ibagué, el cual alcanza una extensión superior a los 450 kilómetros cuadrados cubriendo áreas de los municipios de Ibagué, Piedras y Alvarado. Dentro de éste se suele encontrar Tobas, aglomerados, depósitos pumíticos y niveles arenosos. Estos depósitos se caracterizan por un contenido de bloques angulares de tamaño variable en matriz limo-arenosa, con inclusión de gravas pumíticas y andesíticas, con menor proporción de clastos metamórficos. La morfología de estos flujos es de pendientes suaves a ligeramente inclinadas, Recubriendo los relieves pre-existentes. Presentan drenajes subdendríticos a subparalelos. Sobre los flujos se desarrollan suelos de poco espesor y directamente de los materiales tobáceos. Corresponde al 15.18% de la cuenca del río Totare (CORTOLIMA, 2018).

Los espesores son variables y dependen de la topografía preexistente que fue rellenada por estos depósitos. Se observaron espesores bien gruesos, tal como se presenta en la desembocadura del río Combeima al río Coello, de aproximadamente 100 m y en la quebrada La Borbona, de 90 m, por lo cual se prevén espesores mayores. De acuerdo con la interpretación geoelectrica, los espesores del abanico son alrededor de 240 m en inmediaciones de Picaleña y a lo largo de la carretera Buenos Aires – Doima (INGEOMINAS, 1997).

Esta unidad geológica aflora dentro del área de influencia Físico-Biótica definida para el presente proyecto.

La distribución de las unidades geológicas regionales dentro de las cuencas hidrográficas aferentes, se presenta a continuación en la Figura 5.1-6.

Ibagué y Piedras (Tolima)

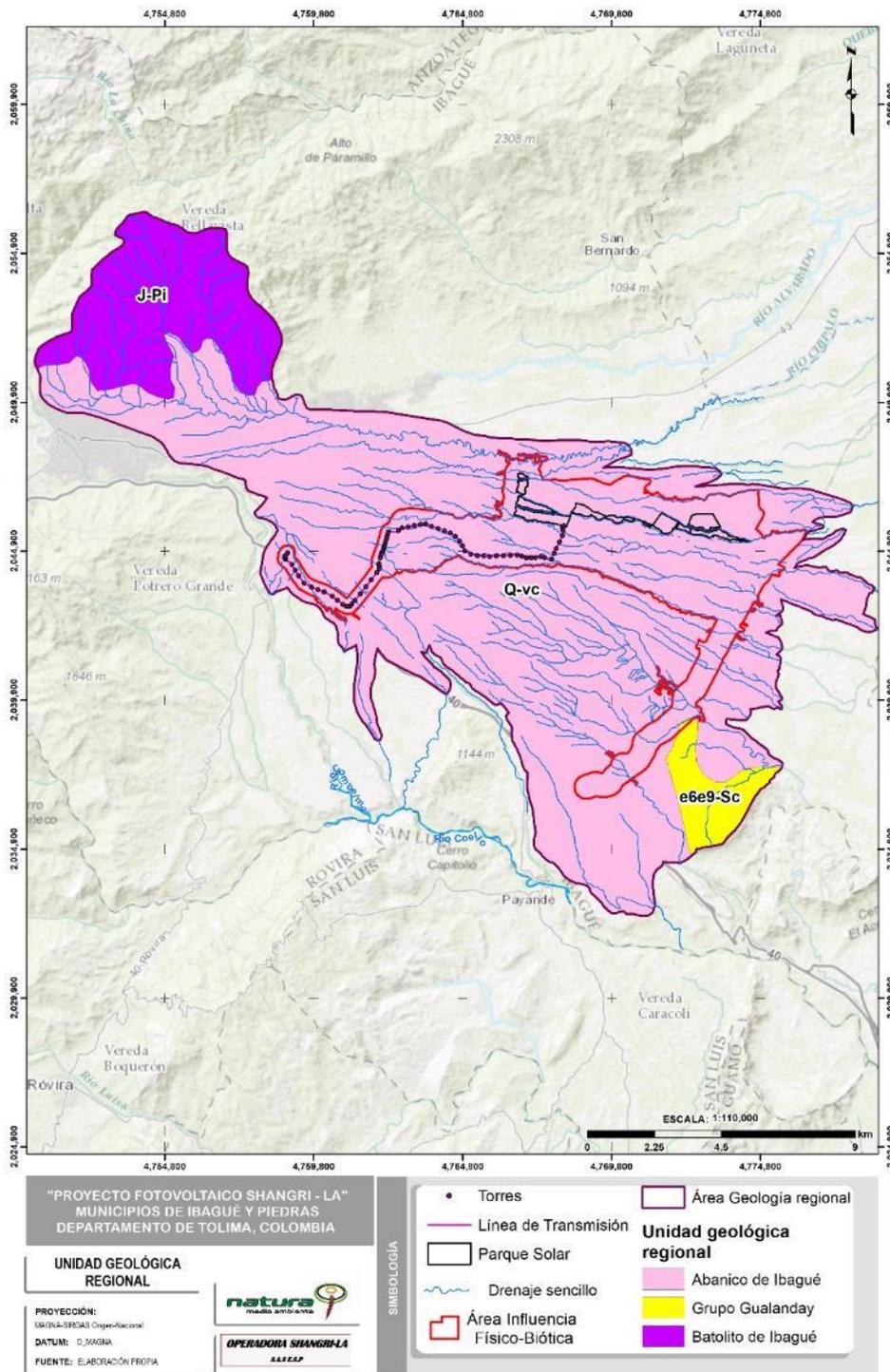


Figura 5.1-6 Mapa geológico Regional dentro del área de estudio

Fuente: SGC, 2002, modificado OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.2 Estratigrafía local

Para el establecimiento de las unidades geológicas que afloran dentro del área de influencia Físico-Biótica del "Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La", se realizó una fotointerpretación de la imagen satelital del proyecto, así como la interpretación de un modelo de elevación digital del terreno (DEM). Esta información fue corroborada con un trabajo de campo efectuado en la zona de estudio durante el mes de mayo de 2021. La cartografía geológica fue elaborada a escala 1:10.000.

De acuerdo con las herramientas cartográficas mencionadas anteriormente dentro del área de influencia Físico-Biótica, así como dentro del área de intervención del proyecto, afloran dos (2) unidades de roca denominadas: Abanico de Ibagué (Qai) y Depósitos Aluviales Recientes (Qar). El área ocupada por cada una de estas unidades geológicas se presenta en la **Tabla 5.1-1**, donde además se muestra los dominios propuestos en el Modelo de Almacenamiento Geográfico (Geodatabase) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de acuerdo con la resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016. La distribución de las unidades geológicas se presenta en la **Figura 5.1-7**.

Tabla 5.1-1 Unidades geológicas dentro del área de influencia físico-biótica

| EON | ERA | PERIODO | EPOCA | EDAD | NOMBRE | NOME NCLAT | AREA_H A | %ÁR EA |
|-----------------|---------------|----------------|--------------|---------------|-------------------------------|------------|-----------------|------------|
| Fanerozoic o-PH | Cenozoic o-CZ | Cuaternar io-Q | Holocen o-Q2 | Zanclean o-n7 | Abanico de Ibagué | Qai | 4139,79 | 83,52 |
| Fanerozoic o-PH | Cenozoic o-CZ | Cuaternar io-Q | Holocen o-Q2 | Gelasian o-n9 | Depósitos Aluviales Recientes | Qar | 816,60 | 16,48 |
| TOTAL | | | | | | | 4.956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

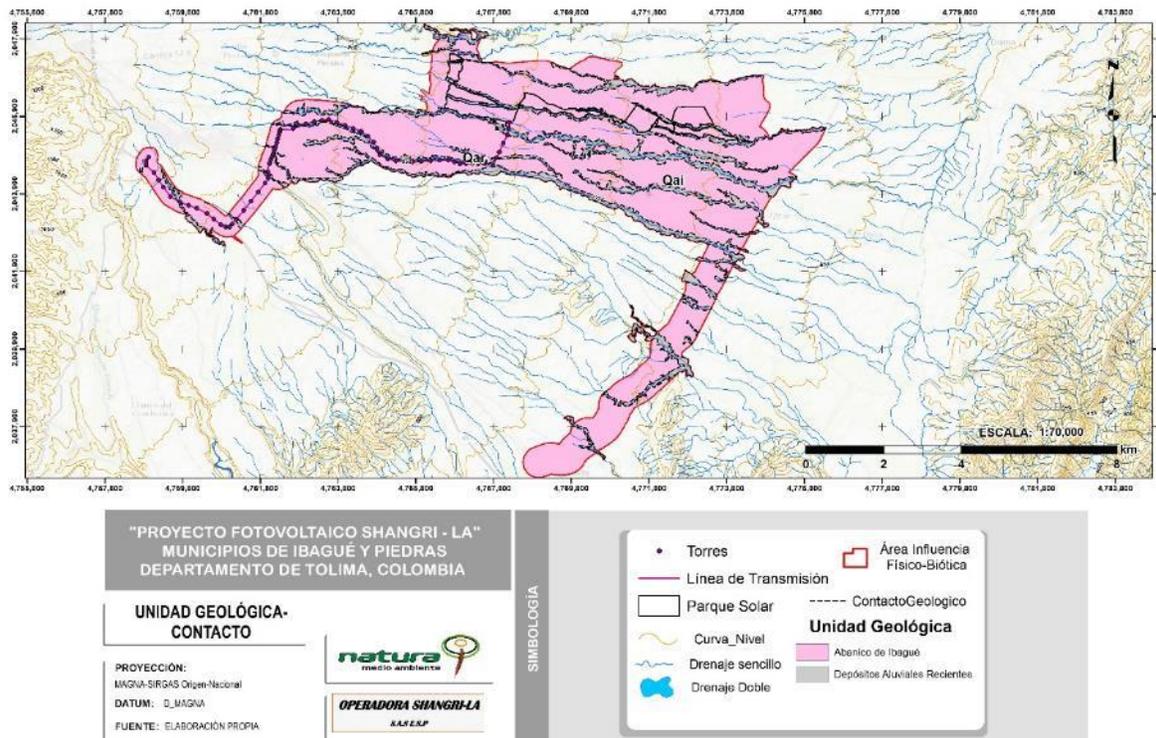


Figura 5.1-7 Unidades geológicas dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.2.1 Depósitos Aluviales Recientes (Qar)

Los Depósitos Aluviales Recientes (Qar), fueron cartografiados aledaños a las principales quebradas dentro del área de influencia Físico-Biótica. Esta unidad representa el 16,48% de la zona caracterizada (área de influencia Físico-Biótica), ocupando un área equivalente a 819, 81 ha. Dentro de las principales quebradas donde fue cartografiada esta unidad geológica, se encuentra la Quebrada Borbona, Quebrada Guacarí, Quebrada Honda, Quebrada Doima, Quebrada San Javier, entre otras.

Están compuestos principalmente por arenas y lodos, de tonos café claro a amarillo pardo, moderadamente seleccionados, con presencia esporádica de clastos muy meteorizados tamaño grava fina (no alcanzan más de 5 cm), con buena redondez, subredondeados, y con un grado de meteorización alto. Se presentan algunas

intercalaciones de arenas conglomeráticas, mal seleccionadas de clastos subredondeados a subangulosos, de baja redondez, de matriz de arena fina a arcilla. Los clastos son de tamaño grava de hasta 10 cm.

Estos depósitos se encuentran confinados, y asociados directamente a la corriente actual de las principales quebradas dentro del área de estudio. En ocasiones estos depósitos, corresponden a la cobertura de Bosque de Galería (3.1.4), sin embargo, existen áreas que se asocian a estos depósitos, pero que por el grado de intervención de la zona, no se conserva el Bosque de Galería, si no coberturas antrópicas como el Arroz, Pastos Limpios, Red vial, entre otros (**Figura 5.1-8 y Figura 5.1-9**).



Figura 5.1-8 Unidad Geológica de Depósitos Aluviales Recientes

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-9 Depósitos Aluviales Recientes dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Corresponden a algunos niveles de poco espesor (hasta 10m) y extensión ubicados en las llanuras de inundación de las principales quebradas de la región, producto de las crecientes invernales.

Hacia algunos sectores como en la quebrada San Javier, Doima y el río Chípalo, están conformados por limos, arenas y gravas de variada composición. Forman valles y vegas de corta extensión, las cuales son aprovechadas para cultivos y pastos para ganadería Figura 5.1-10.

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-10 Depósitos Aluviales Recientes aprovechados para cultivos de arroz y ganadería

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En algunos otros sectores, estos depósitos están compuestos por gravas a bloques en una matriz arenosa, cuya composición depende del tipo de roca por las cuales sigue el curso de las corrientes que los depositan (**Figura 5.1-11**).



Figura 5.1-11 Depósitos Aluviales Recientes compuesto de Sedimentos de gran tamaño

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

Estos depósitos varían en granulometría y composición, de acuerdo con la dinámica de la corriente y las unidades geológicas que drenan. Son las acumulaciones más jóvenes, relacionadas con la actividad de las corrientes fluviales en el Holoceno.

5.1.1.1.2.2 Abanico de Ibagué (Qai)

El Abanico de Ibagué, corresponde a la unidad geológica de mayor extensión dentro del área de influencia Físico-Biótica, así como en el polígono donde se construirá el Parque Solar Shangri-La. Esta unidad geológica representa el 83,52% del área de influencia Físico-Biótica, equivalente a 4136,58 hectáreas.

El Abanico de Ibagué corresponde a la más grande y espectacular manifestación de la intensa actividad glaciovolcánica de la Cordillera Central, durante el Holoceno y Pleistoceno.

Estos abanicos constan de una acumulación de "lahares", flujos de escombros, flujos de lodo, conglomerados generalmente de origen volcánico y capas de cenizas transportadas con un espesor total hasta de 210 m. Todo el conjunto forma una amplia superficie suavemente inclinada unos 5 cm dos hacia el oriente, extendiéndose con dirección Este desde la Cordillera Central, hasta las colinas que lo separan del río Magdalena, cuyo curso corre al pie de la Cordillera Oriental.

Los depósitos reconocidos dentro del Abanico de Ibagué han sido considerados de alta energía y corresponden a lahares, intercalados en menor proporción con flujos piroclásticos y flujos de canales de corriente. Cuando estas masas heterogéneas y heteromícticas emergen de la parte alta y experimentan un cambio brusco de pendiente, se produce una dispersión de energía, que hacen que el material se deposite y se extienda sobre un área en diferentes direcciones o brazos, a semejanza de una forma de cono; definidos como cono aluvial o de deyección.

Dentro del área de influencia Físico-Biótica, se registraron diferentes tipos de depósitos, asociados con el Abanico de Ibagué. Dichos depósitos de acuerdo con las observaciones realizadas en campo, corresponden a Lahares, Depósitos Piroclásticos y Depósitos de canales de corriente. Los mejores afloramientos pertenecientes a esta unidad, se registraron sobre la vía de acceso al proyecto (vía Buenos Aires-Doima) y sobre algunas otras vías secundarias (**Figura 5.1-12**). En la zona de intervención del proyecto no se registraron afloramientos, pertenecientes al Abanico de Ibagué, debido al grado de inclinación de las pendientes (menores del 3%) y al uso del suelo (Pastos para ganadería y cultivos de arroz) (**Figura 5.1-13**).



Figura 5.1-12 Afloramiento perteneciente al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-13 Zona de intervención del proyecto, donde no se registraron afloramientos pertenecientes al Abanico de Ibagué, debido a su grado de inclinación y el uso actual del suelo

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Las características más importantes se describen a continuación:

Hacia la parte central y sur del área de influencia Físico-Biótica, se registraron gravas y bloques heterométricos, con fragmentos hasta de 0,50 m, dentro de una matriz limo arenosa y arena limosa, dispuestos en forma caótica, con una tendencia a forma lentes o cuñas. En otro sector, más precisamente sobre la vía Buenos Aires-Doima, se registraron limos arenosos a arenas limosas levemente gravosas, que van gradando hacia la base a gravas heterométricas, con fragmentos de hasta 0,80 m de diámetro, en matriz limo arenosa y arena limosa. Estos depósitos se asocian a la parte Laharica del Abanico de Ibagué (**Figura 5.1-14 , Figura 5.1-15 , Figura 5.1-16)**

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-14 Depósitos Laharicos, pertenecientes al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-15 Afloramientos pertenecientes al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-16 Bloques asociados a los Depósitos de Lahar, pertenecientes al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La fracción gruesa se compone aproximadamente de 85% de fragmentos de roca de composición andesíticas, 10% de rocas metamórficas, generalmente esquistos, y 5% de rocas ígneas intrusivas de tipo granodioritas (**Figura 5.1-17**).



Figura 5.1-17 Bloques de tamaño centimétrico asociados al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-18 Bloques asociados a los Depósitos de Lahar, pertenecientes al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Hacia la parte norte del área de influencia Físico-Biótica, se registraron Depósitos Piroclásticos. Dichos depósitos se formaron a partir de nubes ardientes u oleadas de material volcánico (pómez y cenizas) y líticos. Están conformados, del techo a la base, por limos arcillo arenosos de color pardo claro, compuestos principalmente por piroclastos de tamaño ceniza y lapilli. Esporádicamente se presentan fragmentos de pómez y, en menor proporción, gravas angulares de andesitas, esquistos y cuarzo. Hacia la base aumenta el tamaño de las pumitas (diámetros hasta 30 cm), y constituyen alrededor del 70% de todo el depósito. Presentan compactación moderada a alta y una permeabilidad que puede ser moderada (**Figura 5.1-19 , Figura 5.1-20 , Figura 5.1-21 y Figura 5.1-22**).

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-19 Depósitos Piroclásticos, pertenecientes al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-20 Depósitos Piroclásticos, pertenecientes al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-21 Depósitos Piroclásticos, pertenecientes al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

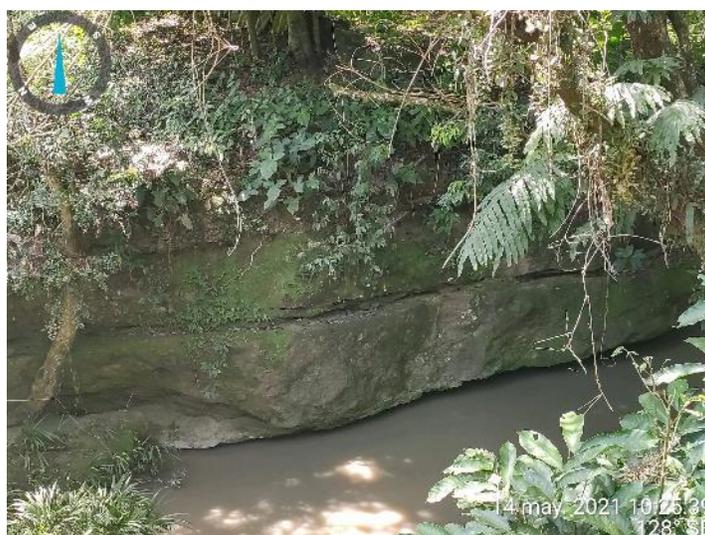


Figura 5.1-22 Depósitos Piroclásticos moderadamente consolidados, pertenecientes al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Sobre estos lahares se presentan dos depósitos de composición pumácea predominante, dentro de una matriz compuesta en su mayor parte por piroclastos de caída, tamaño

ceniza y lapilli; están separados entre sí por un paleosuelo que evidencia un largo intervalo de tiempo, sin actividad volcánica (Universidad Musical, Plancha 244). Estos depósitos suavizaron la topografía de gran parte del abanico (Figura 5.1-23 y Figura 5.1-24).



Figura 5.1-23 Depósitos de composición pumácea, pertenecientes al Abanico de Ibagué

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-24 Depósitos de composición pumácea, pertenecientes al Abanico de Ibagué. Se observa suavizado el terreno, debido al material volcánico.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.3 Columnas estratigráficas locales

Con el objetivo de realizar una caracterización geológica lo más detallada posible en superficie, fueron descritas cuatro (4) columnas estratigráficas, pertenecientes al Abanico de Ibagué. Las características de dichas columnas estratigráficas locales se presentan a continuación

5.1.1.1.3.1 Columna estratigráfica local 1

La columna estratigráfica local 1, fue registrada sobre la vía Buenos Aires-Doima. Corresponden a un afloramiento de 10,50 metros espesor, conformado de base a techo por limos, bloque embebidos en una matriz limosa y arenas de grano grueso (**Figura 5.1-25**). Este material de origen volcánico, asociado con el Abanico de Ibagué, se encuentra moderadamente consolidado, en capas subhorizontales, de color gris claro a blanco.



Figura 5.1-25 Columna estratigráfica numero 1

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.3.2 Columna estratigráfica local 2

La columna estratigráfica local 2, fue registrada sobre la vía Buenos Aires-Doima. Corresponden a un afloramiento de 2,10 metros espesor, conformado de base a techo por limos, bloques embebidos en una matriz limosa y bloques volcánicos embebidos en una matriz arenosa Figura 5.1-26 . Este material de origen volcánico, asociado con el Abanico de Ibagué, se encuentra moderadamente consolidado, en capas subhorizontales, de color gris claro a blanco y son muy notorios los bloques dentro de cada capa volcánica.

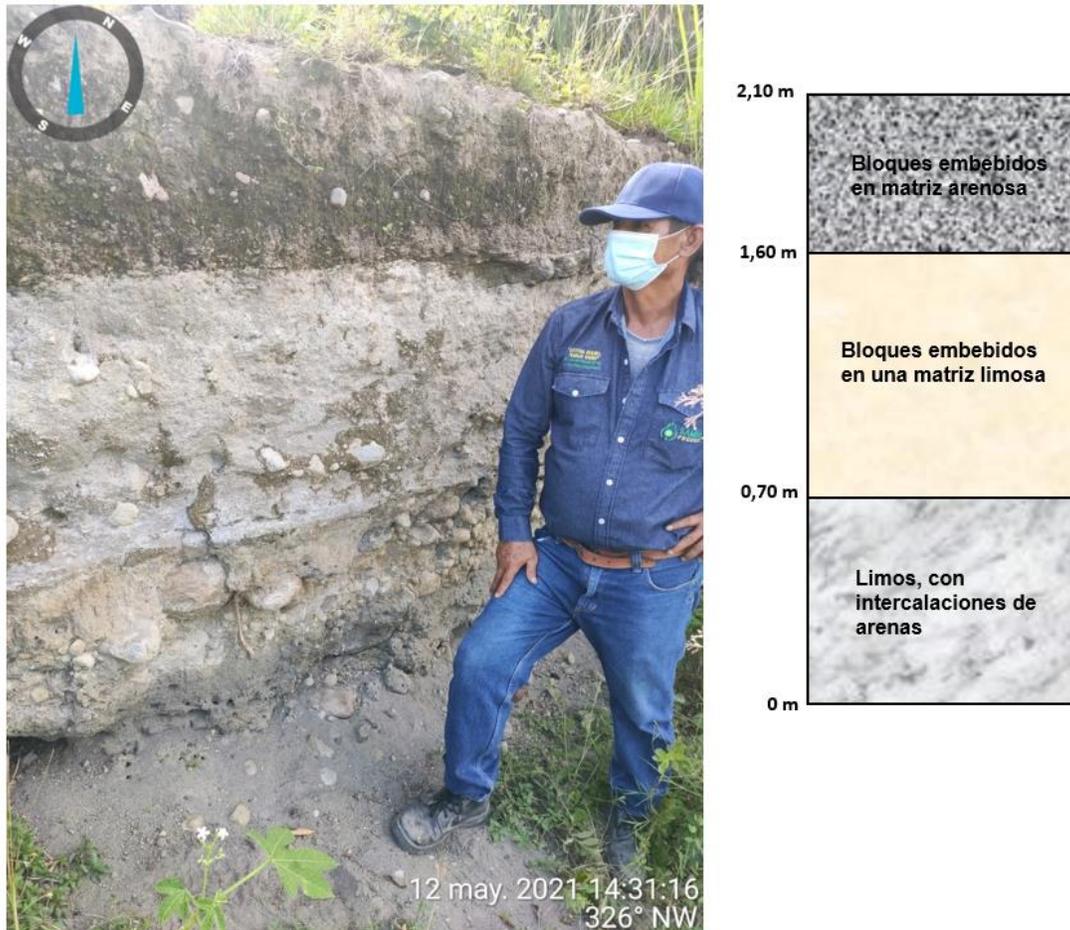


Figura 5.1-26 Columna estratigráfica numero 2

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.3.3 Columna estratigráfica local 3

La columna estratigráfica local 3, fue registrada sobre vías internas de la vereda donde se localiza el proyecto. Se encuentra conformada por bloques embebidos, en matriz limo arenoso. El espesor de esta columna es de 5,20 metros. Los bloques tienen diámetros de hasta 1 m, subredondeados a subesféricos (Figura 5.1-27).



Figura 5.1-27 Columna estratigráfica numero 3

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.3.4 Columna estratigráfica local 4

La columna estratigráfica local 4, fue registrada sobre vías internas de la vereda donde se localiza el proyecto. Se encuentra conformada por tres capas de rocas volcánicas con las siguientes características. Inicia de base a techo con una capa de 1,5 metros de arenas de grano fino: Pumitas de color blanco a gris claro; posteriormente continúa una capa de limos de 0,70 metros y finalmente se clasifico una capa de 2 metros de Guijos en una matriz limoarenosa (Figura 5.1-28).

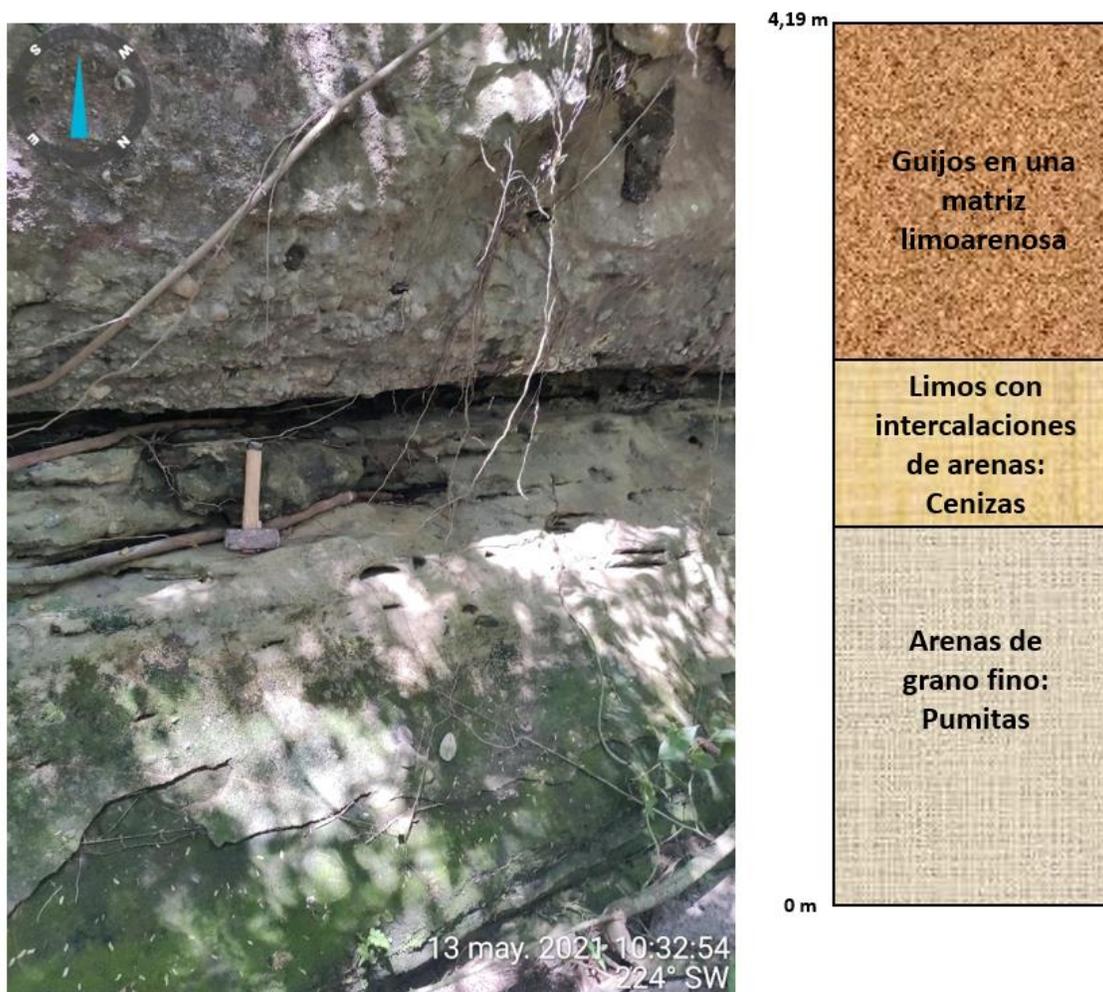


Figura 5.1-28 Columna estratigráfica numero 4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.4 Perfil geológico

Un perfil geológico, dentro del área de influencia Físico-Biótica, fue realizado con el fin de conocer las características de continuidad horizontal y vertical de las unidades geológicas presentes en la zona de estudio. Este perfil construido con orientación N50E, denominado **A-A'**, evidencia la presencia de dos unidades geológicas denominadas como Abanico de Ibagué y Depósitos Aluviales Recientes (Figura 5.1-29). El Abanico de Ibagué tiene espesores superiores a los 200 metros; mientras que los Depósitos Aluviales Recientes tienen un espesor cercano a los 10 metros.

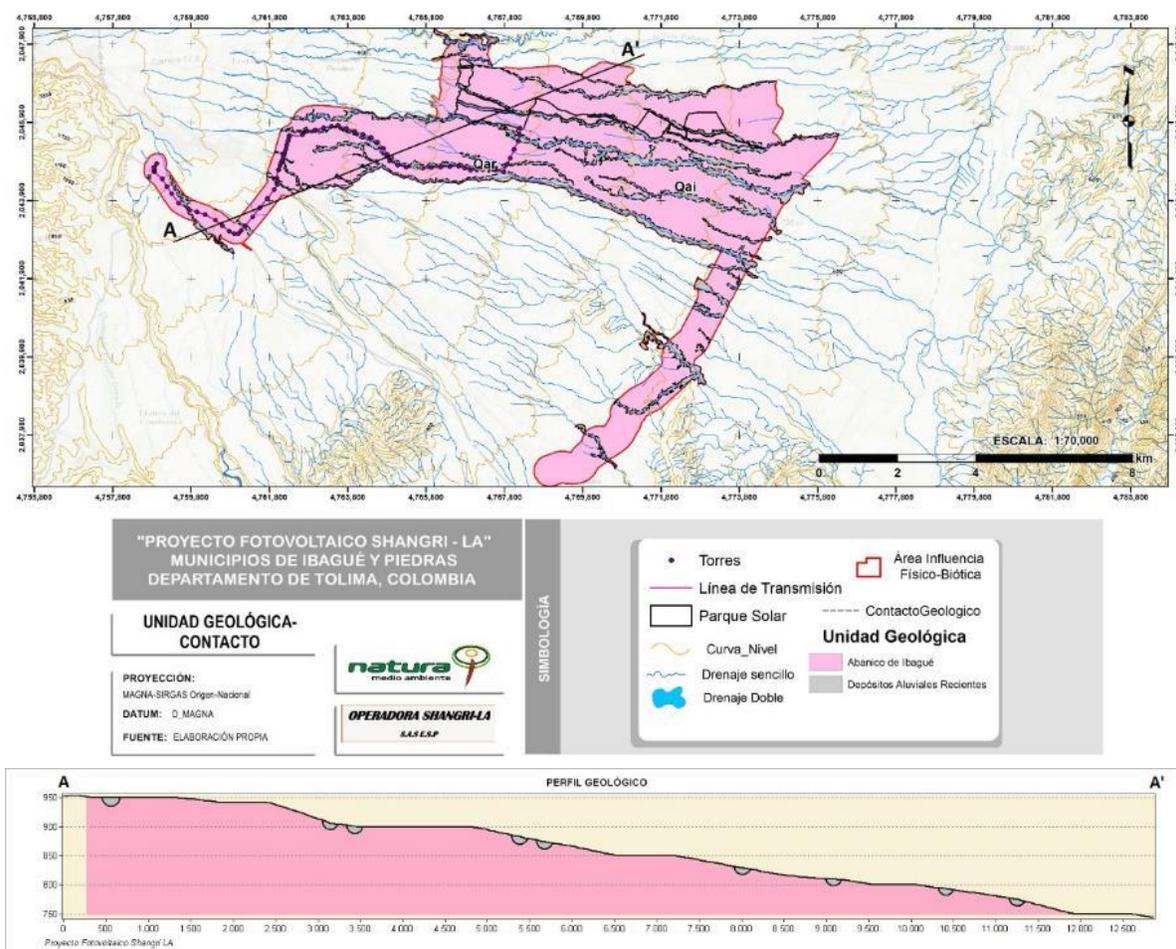


Figura 5.1-29 Perfil geológico para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.5 Unidades geológicas superficiales (UGS)

El término "Unidad Geológica Superficial" (UGS) fue definido inicialmente como formación superficial por Hermelin (1985), para denominar "El conjunto de materiales que conforman la superficie de la tierra hasta una profundidad del orden de decenas de metros", estas formaciones superficiales incluirán por lo tanto suelos y rocas en el sentido ingenieril. Para Salazar (1995), las unidades superficiales se consideran como formaciones correlativas de los procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre y por lo tanto son unidades cartografiables.

Para el desarrollo y aplicación de la temática de las UGS (Unidades geológicas superficiales) dentro del presente proyecto se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la "Propuesta metodológica para la cartografía geológica aplicada a ingeniería", desarrollada dentro del "Proyecto: Compilación y levantamiento de la Información Geomecánica", elaborado por PADILLA, J. y otros, INGEOMINAS, (2004).

Las Unidades Geológicas Superficiales son rocas y suelos y comprenden:

1. Rocas y sus estructuras.
2. Suelos residuales y Saprolitos.
3. Depósitos transportados en cualquier ambiente, o depósitos de gravedad.
4. Depósitos antropogénicos.
5. Depósitos de origen volcánico.

La metodología para la definición de unidades geológicas superficiales (UGS) del área de estudio, corresponde a la publicada por el Servicio Geológico Colombiano en el año 2004, en el documento "Propuesta Metodológica para el desarrollo de la Cartografía Geológica para Ingeniería-Volumen II realizada en el año 2004". Dicha metodología en

mayor detalle puede ser consultada en el **Capítulo 2 Generalidades, Metodología del Medio Abiótico.**

5.1.1.1.5.1 Estándares de nomenclatura de las unidades geológicas superficiales (UGS)

La nomenclatura de las unidades geológicas superficiales tiene en cuenta información referente a tipo (génesis) de material superficial, la textura del material y la expresión superficial (característica del material).

Los requisitos mínimos para la utilización de símbolos en la cartografía de unidades geológicas superficiales son:

- Los símbolos que representan el tipo material (génesis) y la expresión superficial, serán mostrados para cada polígono del terreno mediante un solo símbolo.
- Si se conoce con más exactitud la textura del material que conforma la unidad, que la descrita en forma general, se agregara un símbolo que corresponde a dicha textura.
- Las unidades cartografiadas compuestas tendrán como símbolo dos componentes.
- El símbolo U será utilizado para materiales que no puedan ser claramente diferenciados.
- Los símbolos utilizados para la representación de cada carácter serán definidos en general por las letras iniciales de cada nombre correspondiente. Roca: R, Suelo: S; arenisca: ar, Arcillolita: arc, Limonita: Lim; suelo residual: Sr, roca blanda: Rb; bloque: bl; gravas: gr; limo: lm, arcilla: a; st: suelo transportado.
- ✓ Nomenclatura de las unidades geológicas superficiales

5.1.1.1.5.2 Parámetros para la definición de las unidades geológicas superficiales

En la cartografía geológica para ingeniería, la clasificación de rocas y suelos debe estar basada en el principio de que las propiedades físicas de dichos materiales en su estado actual dependen de la combinación de elementos como el origen, la diagénesis, la historia tectónica, el metamorfismo y los procesos de meteorización, los cuales gobiernan el comportamiento mecánico de dichos materiales. Para la descripción y caracterización de las unidades geológicas superficiales se tienen en cuenta cinco parámetros fundamentales: litología (composición y textura), dureza o resistencia, condición de las discontinuidades, grado de meteorización y rasgos estructurales.

- Litología: Es la determinación de la composición mineralógica que conforman las rocas y suelos y de la forma como dichos componentes se interrelacionan. La litología es por lo tanto la descripción de la textura y composición mineralógica de rocas y suelos.
- Dureza: Se toma como definición la presentada por Montero, J., et al (1982) como la resistencia de las rocas al desplazamiento de partículas superficiales por fuerzas tangenciales abrasivas o normales penetrativas. En términos geológicos la dureza se define como la resistencia que tiene un material a dejarse rayar por otro. Para su caracterización se tomó como modelo el de la afectación de la roca al golpe del martillo.
- Condición de las discontinuidades: Se refiere al conocimiento de las discontinuidades (fracturas, diaclasas, estratificación y estructuras internas, esquistosidad, foliación, laminación, etc.), que posee la roca con el fin de determinar el comportamiento de un suelo o macizo rocoso. Para la evaluación de las discontinuidades se consideró como la más importante la separación entre las familias de diaclasas y la determinación del JV.
- Meteorización: La meteorización es la descomposición física y química de los materiales por procesos naturales como oxidación, reducción, hidrólisis,

carbonatación, tectónica, y cambios de temperatura (heladas y deshielos). La meteorización tiene un efecto sobre la resistencia y comportamiento de la deformación del material rocoso y es muy importante para la clasificación de la condición de un material. Para definir el grado de meteorización de las rocas se utiliza los perfiles generalizados de Deere y Patton (1971) y Dearman (1974, 1991).

- Rasgos estructurales: Representa la serie de procesos geodinámicos endógenos propios de la evolución de la corteza terrestre. En consideración a que la deformación de la corteza es proporcional a la cantidad de pliegues y fracturas (fallas, lineamientos y diaclasas) en un área determinada, se debe evaluar la densidad de estos rasgos estructurales.

5.1.1.1.5.3 Nomenclatura para las unidades geológicas superficiales

La simbología propuesta para las unidades geológicas superficiales (UGS) dentro del proyecto corresponde a las planteadas por el Servicio Geológico Colombiano (2004). Dicha nomenclatura se presenta en las siguientes figuras (Figura 5.1-30 y Figura 5.1-31).

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Tipo de Material | Unidades | Origen | Tipo de U.G.S | Símbolo/Composición | Simbología Resumida | COLOR | |
|------------------|--------------------|--|---|---|-------------------------|-------|-----|
| SUELOS (S) | Transportados (St) | Fluvial (Stf) | Aluviones de lechos fluviales | Stf/all,ar,lm | Stf1 | 342 | |
| | | | Llanura de inundación | Stf/Li/a,ar | Stf2 | 66 | |
| | | | Terraza aluvial | Stf/tz/gr,ar | Stf3 | 46 | |
| | | | Abanico/cono-aluvial | Stf/ab-co/gr,ar | Stf4 | 44 | |
| | | | Depósitos torrenciales | Stf/dt/bl,gr,ar | Stf5 | 53 | |
| | | | Depósitos fluvio torrenciales | Stf/ft/bl,gr,a | Stf6 | 63 | |
| | | Lagunar (Stl) | Depósitos lacustres | Stl/a,ar,lm | Stl1 | 286 | |
| | | | Depósitos paludales | Stl/a,lm,tur | Stl2 | 290 | |
| | | | Depósitos fluvio-lacustres | Stl/f/ar,a,gr | Stl1 | 300 | |
| | | Glaciar (Stg) | Morenas | Stg/mr/bl,gr,ar | Stg1 | 40 | |
| | | | Tililitas | Stg/tli/gr,ar | Stg2 | 47 | |
| | | Fluvio-Glaciar (Stfg) | Abanicos fluvio-glaciares | Stfg/ab/gr,ar | Stfg1 | 61 | |
| | | | Terrazas fluvio-glaciares | Stfg/tz/gr,ar,a | Stfg2 | 58 | |
| | | Volcanico (Stv) | Depósitos de ceniza | Stv/c/lm,ar,a | Stv1 | 127 | |
| | | | Lapilli | Stv/lp/bl,gr,ar,lm | Stv2 | 131 | |
| | | | Tefras | Stv/t | Stv3 | 130 | |
| | | | Lahares | Stv/lh/bl,gr,ar | Stv4 | 133 | |
| | | | Flujos de piroclastos | Stv/fp/gr,ar,lm | Stv5 | 134 | |
| | | | Flujos de lodos volcánicos | Stv/flv/ar,lm,a | Stv6 | 132 | |
| | | | Ignimbritas | Stv/igni | Stv7 | 128 | |
| | | | Coladas de lava | Stv/cl/ar,lm,a | Stv8 | 129 | |
| | | Eolico (Ste) | Depósitos de loess | Ste/l/ar,lm | Ste1 | 110 | |
| | | | Depósitos de dunas | Ste/d/ar,lm | Ste2 | 100 | |
| | | | Bajianes | Ste/b/ar,lm | Ste3 | 102 | |
| | | Costero (Stc) | Depósitos de deltas | Stc/d/a,ar,lm | Stc1 | 96 | |
| | | | Barras | Stc/b/ar,a,bl | Stc2 | 109 | |
| | | | Playas | Stc/p/ar,a,lm | Stc3 | 116 | |
| | | | Arrecifes | Stc/lm,a,ar | Stc4 | 108 | |
| | | | Terrazas | Stc/tz/ar,a,gr | Stc5 | 40 | |
| | | | Planicies | Stc/pl/a,lm | Stc6 | 95 | |
| | | Translocado (Str) | Coluvial (Strc) | Coluviones | Strc/ar,a,bl | Strc1 | 13 |
| | | | | Talus/cono de talus | Strt/bl,cl,gr | Strc2 | 1 |
| | | | | Derribos de pendiente | Strc/bl,fr,gr | Strc3 | 29 |
| | | | | Flujos (de lodo, tierra y de escombros) | Strc/fl,t,e/ar,gr,lm | Strc4 | 31 |
| | | Residuales (Sr) | De Rocas Sedimentarias (Srs) | S.r de roca parental de textura clástica cementada y granulometría gruesa areniscas y conglomerados | Srs/ar,cng | Srs1 | 91 |
| | | | | S.r de roca parental de granulometría fina; arcillolitas, limolitas y areniscas | Srs/a,lm,ar | Srs2 | 104 |
| | | | De Rocas Igneas Intrusivas o extrusivas (Srii-Srie) | S.r. de roca parental de textura cristalina masiva y granulometría gruesa | Srii/ar,lm,a | Srii1 | 204 |
| | | | | S.r de roca parental de composición básica y granulometría fina | Srii/a,lm,ar | Srii2 | 196 |
| | | | De rocas Igneas Volcanicas (Sriv) | S.r de roca parental de origen volcánico y granulometría fina a gruesa | Sriv/ar,lm,a,bl | Sriv1 | 268 |
| | | | De Rocas Metamórficas (Srm) | S.r de roca parental de textura cristalina y bien foliada | Srm/a,lm,ar | Srm1 | 125 |
| | | S.r. de rocas parentales de textura cristalina masivas y granulometría gruesa (cuarcita, marmoles) | | Srm/ar,a,lm | Srm2 | 120 | |
| | | Depósitos Antropicos (Sa) | Depósitos Antropogenicos | Relenos sanitarios o de basuras | Composición heterogenea | Strab | 460 |
| | | | | Relenos de excavaciones o de escombros o botaderos | Composición heterogenea | Strae | 382 |

Figura 5.1-30 Nomenclatura de las unidades geológicas superficiales para suelos

Fuente: SGC., 2004

| TIPO DE MATERIAL | UNIDAD | SIMBOLO | COLOR |
|------------------|---|---------|-------|
| ROCAS R | BLANDAS (Resistencia baja $\sigma_c < 1000$ Kg/cm ²) | Rb | 216 |
| | INTERMEDIAS (resistencia intermedia a alta σ_c de 1000 a 2000 Kg/cm ²) | Ri | 169 |
| | DURAS (Resistencia alta a muy alta, $\sigma_c >$ de 2000 Kg/cm ²) | Rd | 257 |

Figura 5.1-31 Nomenclatura de las unidades geológicas superficiales para roca

Fuente: SGC., 2004

5.1.1.1.5.4 Definición de las unidades geológicas superficiales (UGS) para el área de influencia Físico-Biótica

De acuerdo con los criterios planteados por el Servicio Geológico Colombiano (2004), para la definición de las unidades geológicas superficiales (UGS), tales como litología, dureza o resistencia, condiciones de las discontinuidades, grado de meteorización y rasgos estructurales; dentro del área de influencia físico-biótica del presente proyecto se tienen dos (2) unidades geológicas superficiales. Ambas unidades asociadas con suelo (Tabla 5.1-2).

Tabla 5.1-2 Unidades geológicas superficiales dentro del área de influencia Físico-Biótica

| ORIGEN | COMP | CEMEN T | T_MATERIA L | PROC_FOR M | GRANULO M | TIPO_DEPO S | ESPEJOR_ M | TIPO_SUEL O | NOMENCLA T | AREA_H A | %ÁRE A |
|--------------|---|-------------|----------------|---|---------------|--|---------------|---------------------------|---------------|----------------|---------------|
| Volcánico | Cantos de rocas extrusivas e intrusivas en matriz arenácea y arenotobácea, Depósitos de Lahares | Sin Cemento | Volcánico | Depósito generado a partir de erupciones volcánicas, tipo Lahares | Grava y Arena | Volcánico, originado por antiguas erupciones volcánicas de la Cordillera Central | 50 | Bajo grado de degradación | Stv4 | 4139,79 | 83,52 |
| Aluvial | Arenas de grano fino a grueso, con intercalaciones de arcillas | Sin Cemento | Aluvial | Depósitos de origen fluvial, asociado por las corrientes dentro del área de estudio | Arena y Limo | Aluvial, asociado con las corrientes dentro del área de estudio | 10 | Bajo grado de degradación | Stf1 | 816,60 | 16,48 |
| TOTAL | | | | | | | | | | 4956,39 | 100,00 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La distribución de las Unidades Geológicas Superficiales en el área de influencia físico-biótica se presenta a continuación (**Figura 5.1-32**).

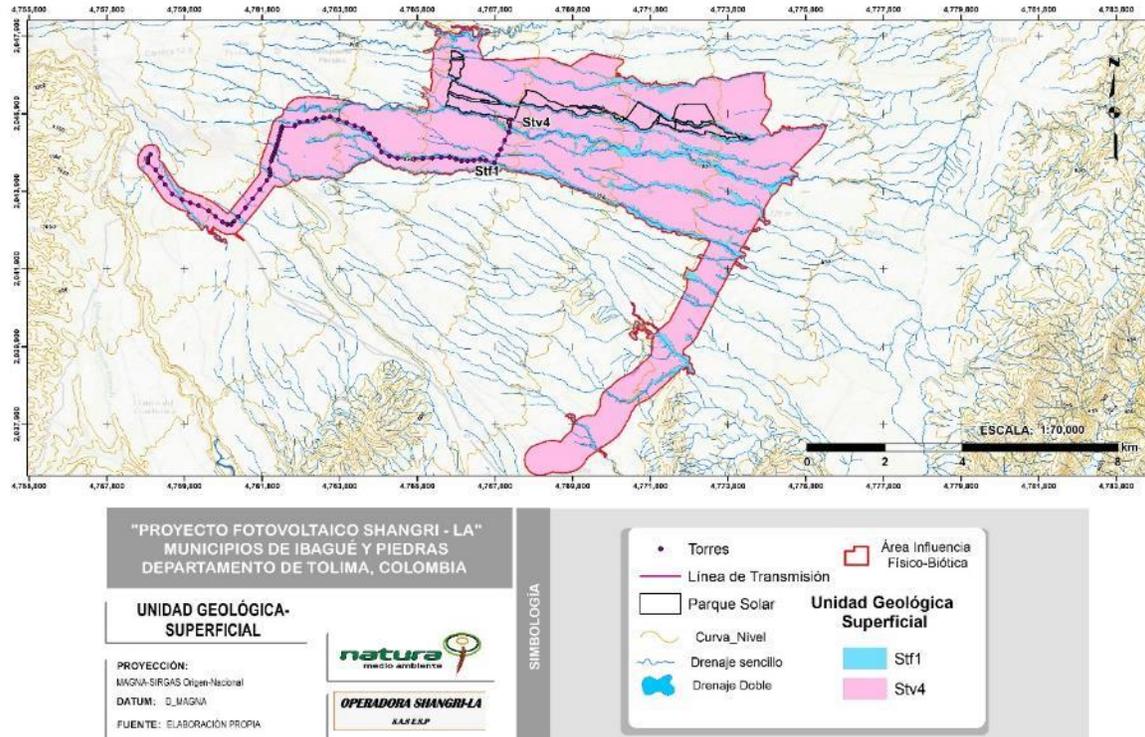


Figura 5.1-32 Distribución de las unidades geológicas superficiales en el área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.5.4.1 Unidad geológica superficial Stf1

Corresponde a una unidad geológica superficial de origen aluvial-transportado. Se localiza distribuida en la totalidad del área de influencia Físico-Biótica, asociada con los Depósitos Aluviales Recientes, producto de la actividad de las principales quebradas dentro de la zona de estudio (**Figura 5.1-33** y **Figura 5.1-34**). Litológicamente se encuentra formada por diferentes capas de suelo. De acuerdo con las características superficiales y las calicatas realizadas dentro del área de estudio, esta unidad se encuentra compuesta por arena limosa, con finos no plásticos, tamaño 3/8", media-

gruesa y en ocasiones arena bien y mal gradada, con finos no plásticos. Hacia algunos sectores predominan los materiales finos como arcillas y limos de color café. Presenta densidad densa (se requiere pica para ser excavado). La meteorización de esta unidad de acuerdo con la clasificación de la Oficina de Control Geotécnico (1979) y Little (1969), se encuentra dentro del grado VI (No aparece textura reconocible de roca. Las capas superficiales pueden contener materia orgánica y raíces). Esta unidad representa el 16,48% del área de influencia Físico-Biótica, equivalente a 816,60 hectáreas.

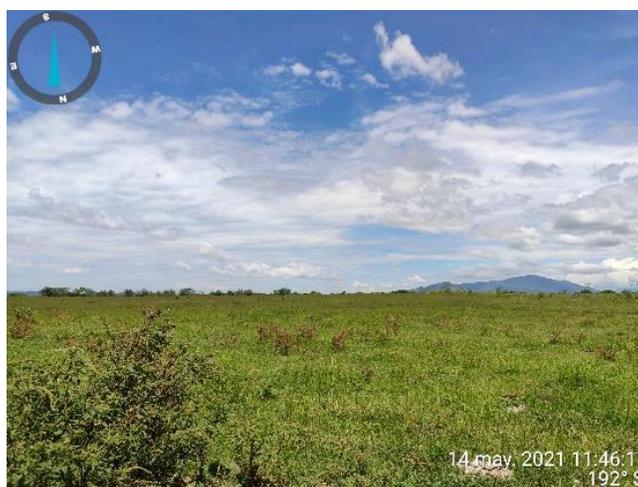


Figura 5.1-33 Unidad geológica superficial Stf1

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-34 Unidad geológica superficial Stf1 dentro del área de influencia físico biótico

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.1.1.5.4.2 Unidad geológica superficial Stv4

Dentro del área de influencia Físico-Biótica, se presenta gran cantidad de materiales asociados y producto de la actividad volcánica del complejo Ruiz – Tolima registrada desde el Pleistoceno hasta nuestros días. La unidad más representativa de la actividad volcánica en el área de estudio es el llamado Abanico de Ibagué, la cual se encuentra cubriendo una gran parte de la zona de estudio (83,52%) y sobre el cual se ha desarrollado la mayor parte de la infraestructura y asentamientos urbanos (**Figura 5.1-35** y **Figura 5.1-36**). Esta unidad se encuentra compuesto por bloques embebidos en matriz limo arenoso, así como también por cenizas volcánica tipo Lapilli.



Figura 5.1-35 Unidad geológica superficial Stv4 dentro del área de influencia físico biótico

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-36 Unidad geológica superficial Stv4 dentro del área de influencia físico biótico

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La mayor parte de la zona de intervención del presente proyecto (torres, línea de transmisión y polígono del parque), se localiza sobre esta unidad geológica superficial; sin embargo, sobre estos sectores la topografía se encuentra suavizada, debido a la presencia de capas de ceniza volcánica (**Figura 5.1-37** y **Figura 5.1-38**).



Figura 5.1-37 Unidad geológica superficial Stv4 dentro de la zona de intervención

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

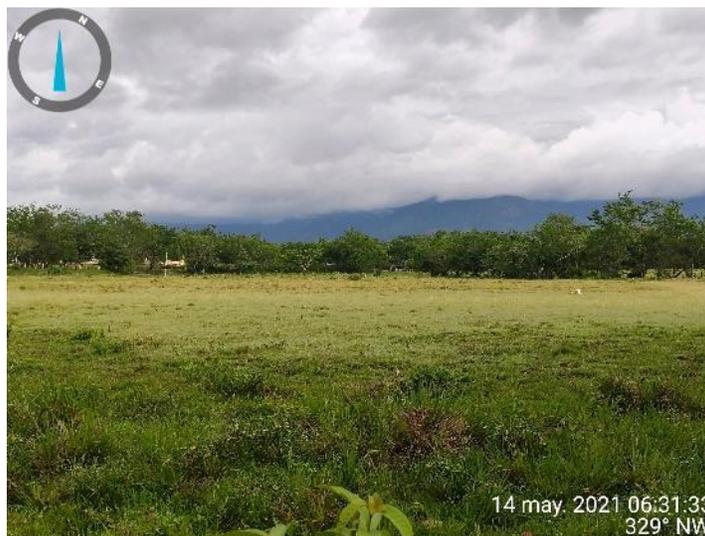


Figura 5.1-38 Unidad geológica superficial Stv4 dentro de la zona de intervención del parque fotovoltaico Shangri-La

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.2 Geología estructural

5.1.2.1 Geología estructural regional

Hacia el norte de esta región se observa el Batolito de Ibagué y el Abanico de Ibagué afectados por la Falla de Ibagué, la cual es una falla de rumbo dextral, con actividad neotectónica que se puede seguir por una longitud de 190 km, con una dirección promedio N75°E, desde el Municipio de Tuluá (Valle del Cauca), y atraviesa la ciudad de Ibagué, hasta el río Magdalena, donde parece que cambia su dirección hacia el norte (Vergara, 1989). Las evidencias neotectónicas tanto geomorfológicas como estructurales, se observan en el Abanico de Ibagué, y corroboran movimientos de tipo transcurrente, en sentido dextral (SGC, 2001).

Entre los rasgos morfológicos se presentan lomos de presión, escarpes de falla bien definidos, corrientes alineadas y desplazadas, además de facetas triangulares en las rocas ígneas intrusivas. Las evidencias estructurales son: estratos desplazados, estrías de

fricción, polvo de falla (gouge) y superficies de deslizamiento. El grado de actividad parece ser alto, de acuerdo con los rasgos morfológicos y geológicos de neotectónica asociados a la falla, con períodos de retorno de cientos a miles de años. Vergara (1989) expone un modelo para explicar la formación de la cuenca de acumulación del Abanico de Ibagué, y toma como referencia el borde del Batolito de Ibagué y las fallas de Ibagué, Buenos Aires y Cucuana. La terminación oriental de la falla no es clara, como se mencionó anteriormente; Vergara (1989) considera que continúa hacia el norte por el río Magdalena, para unirse a la Falla de Cambao. Sin embargo, se piensa que esta falla podría continuar hacia el norte como un frente de cabalgamiento del bloque del Batolito de Ibagué, que se desplazó con sentido lateral derecho, y monta rocas ígneas sobre los sedimentos neógenos del Grupo Honda (Cuadrángulo B6). Hacia el sur del bloque formado por rocas del Batolito de Ibagué, se observan amplios pliegues que afectan al Grupo Gualanday; estos anticlinales y sinclinales tienen sus ejes con dirección preferencial N20°E, y sus flancos son simétricos. Hacia el norte del río Coello se observa cómo los pliegues se traslapan uno sobre otro a través de fallas de cabalgamiento, que buzcan hacia el occidente; estas fallas, en su extremo más oriental, montan al Grupo Gualanday sobre rocas de edad cretácica. En el extremo suroccidental de la plancha afloran rocas triásico jurásicas, que infrayacen discordantemente rocas de la Formación Caballos. Las primeras están afectadas por intrusivos del Stock de Payandé. La mayoría de las rocas en esta región están afectadas por fallas de cabalgamiento, las cuales en su mayoría buzcan hacia el oriente. Otra estructura importante observada en esta área es la Falla de Buenos Aires, estructura inferida y muy poco reconocida. Se infiere por un ligero escarpe de dirección aproximada N45°W, que sigue paralelo al rumbo de la carretera Ibagué - Bogotá, y por pequeños lomos alineados (Vergara, 1989); esta estructura pasa cerca de las poblaciones de Picaleña y Buenos Aires. En este trabajo se asume que se trata de una falla de desgarre, cuyo frente de cabalgamiento son las fallas que repiten secuencias del Grupo Gualanday y que todo este sistema se generó como acomodación, luego del corrimiento del bloque norte que generó la Falla de Ibagué. En conclusión, en el sector llamado aquí estribaciones de la Cordillera Central, existen tres dominios tectónicos diferentes y se plantea la posibilidad que los dos bloques más septentrionales del sector

Ibagué y Piedras (Tolima)

evidencian el posible cabalgamiento de la Cordillera Central sobre las rocas sedimentarias de la región de Piedras – Doima.

La localización de las principales fallas dentro del contexto geológico regional, se presentan a continuación en la **Figura 5.1-39** (Falla de Ibagué, Falla de Doima y Falla de Buenos Aires (Cubierta)).

Ibagué y Piedras (Tolima)

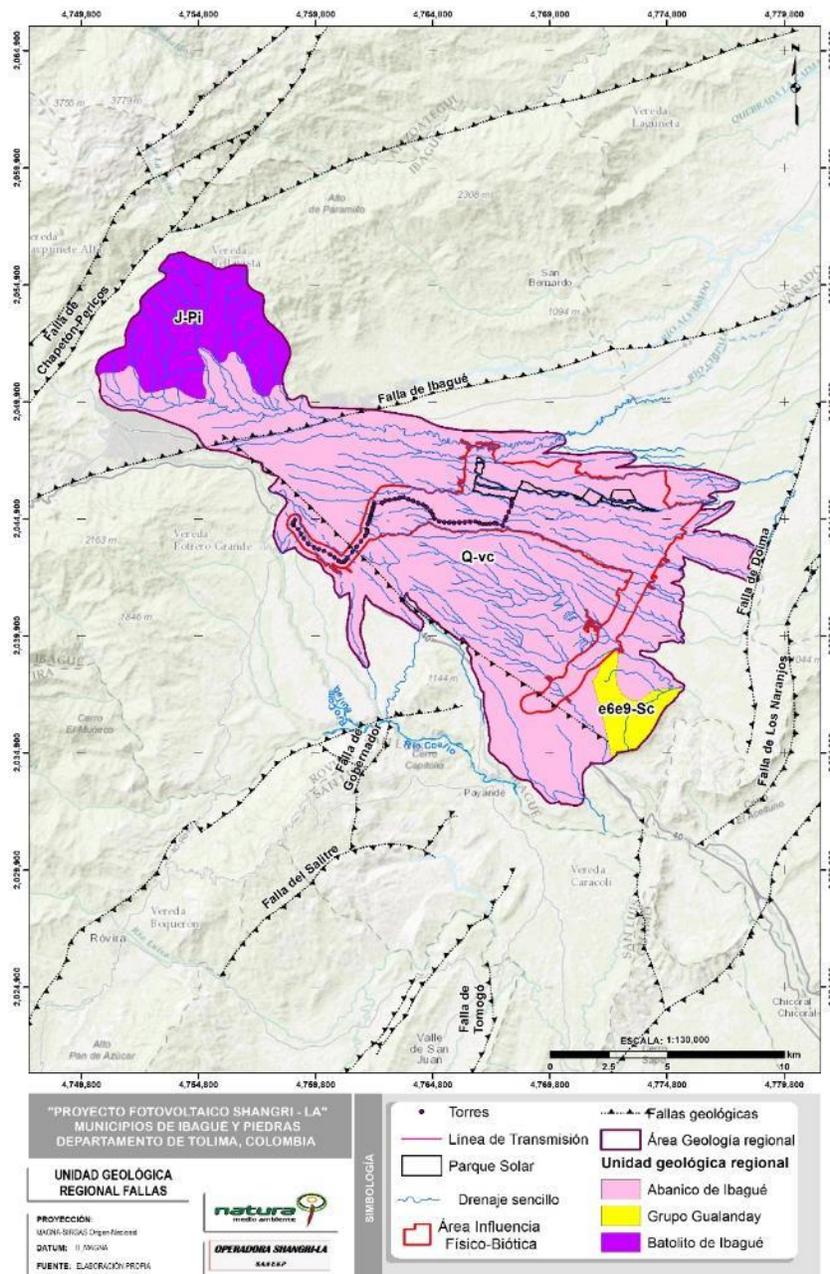


Figura 5.1-39 Fallas geológicas regionales dentro del área definida como geología regional

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.2.2 Geología estructural local

Dentro del contexto geológico estructural local, se tienen una sola falla geológica, la cual es cubierta. Dicha falla no se encuentra dentro de la zona de intervención del parque Shangri-La. Solo atraviesan un par de torres de la línea de transmisión. Esta falla cubierta tiene una dirección NW-SE, y no se evidencia afectación de acuerdo con el trabajo de campo realizado en dicha zona. El trazo de la falla fue tomado del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y se presenta en la siguiente figura (**Figura 5.1-40**). La Falla de Ibagué y la Falla de Doima, no se encuentran dentro del área de influencia Físico-Biótica del presente proyecto.

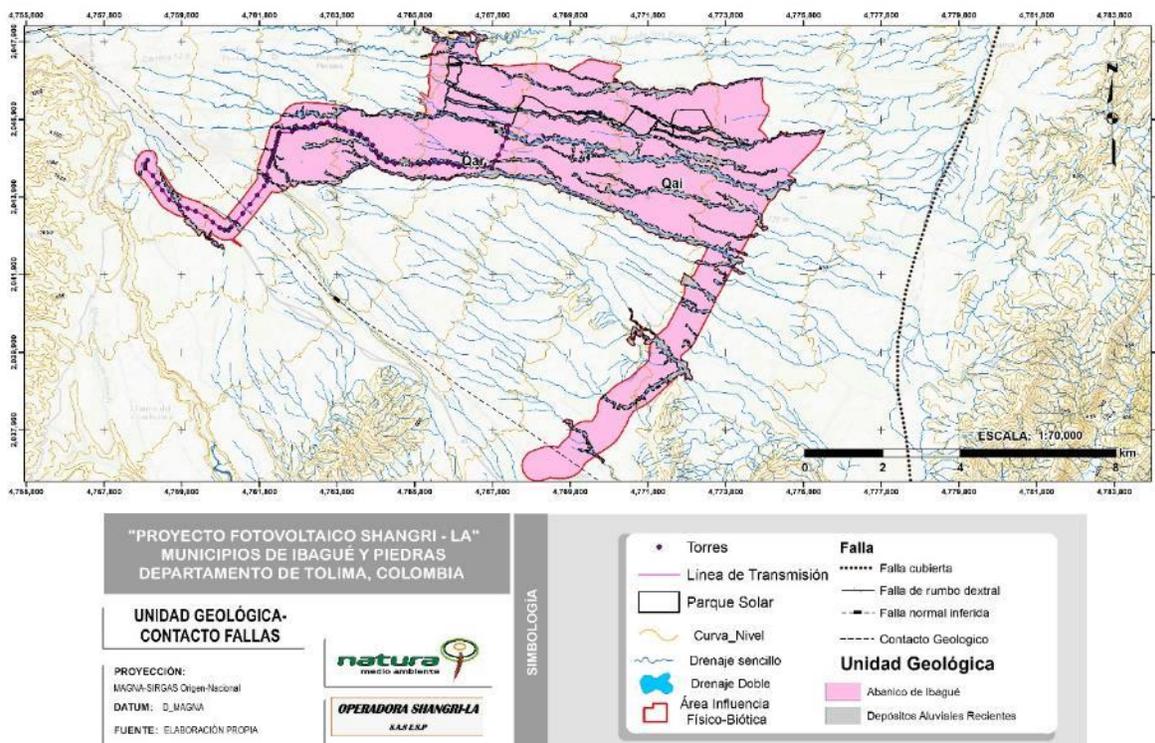


Figura 5.1-40 Geología estructural local dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3 Sismicidad

Las amenazas exógenas o naturales se definen como "aquellos elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él". El término "amenazas naturales" aplica para todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos) y a los incendios que, por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y actividades. Una vez clasificadas las amenazas de acuerdo con su origen, se realiza la descripción de cada una de ellas.

Para el área de estudio y de acuerdo con los términos de referencia establecidos para el desarrollo del presente proyecto, se analizaron las amenazas naturales, asociadas con la remoción en masa, incendios, sismicidad, inundaciones, erosión del suelo, nivel cerámico.

5.1.3.1 Amenaza sísmica

La amenaza sismológica se define como cualquier fenómeno físico (sacudida del terreno, licuación del suelo, colapso de estructuras, etc.) asociado con un terremoto, que puede producir efectos adversos sobre las personas (SGC, 2018).

El análisis de amenaza sísmica para el área de estudio fue realizado a partir de la información disponible en la página principal del Servicio Geológico Colombiano. Este ente gubernamental (SGC) evalúa la amenaza sísmica de acuerdo con parámetros como Intensidad máxima observada, Intensidad sísmica esperada y las zonas de amenaza sísmica según la NSR-10.

Teniendo en cuenta la metodología desarrollada en la Norma Sismo Resistente para Colombia en el año 2010, de la cual se extrae el mapa oficial de amenaza sísmica generado por dicha norma y especifica en el decreto 0340 del 13 de febrero de 2012

del cual se toma la categorización para la región en concordancia con la Asociación de Ingeniería Sísmica (1996), la cual es correlacionable con la amenaza sísmica que presenta el Servicio Geológico Colombiano (SGC) en su geovisor, que define la Amenaza Sísmica como un "fenómeno físico asociado a un sismo, tal como el movimiento fuerte del terreno o falla del mismo, que tiene el potencial de producir una pérdida". También es necesario tener en cuenta que "el peligro que induce la actividad sísmica de una zona sobre regiones aledañas a poblaciones o asentamientos humanos ha derivado en la necesidad de establecer por una parte parámetros claros que definan el nivel de amenaza de la zona, así como metodologías generales que permitan estimar dichos parámetros". La aceleración pico efectiva (Aa) corresponde a las aceleraciones horizontales del sismo de diseño contempladas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente y está clasificada en rangos de amenaza sísmica baja, intermedia y alta (**Tabla 5.1-3**).

Tabla 5.1-3 Valores de amenaza sísmica según NSR-10

| Valores de Aa y Av | Amenaza Sísmica |
|--------------------|-----------------|
| Menor a 0,10 | Baja |
| 0,10 – 0,20 | Intermedia |
| Mayor a 0,20 | Alta |

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010

Cada zona del país de acuerdo con su litología y a sus límites estructurales se define un coeficiente de aceleración dependiendo de las condiciones del terreno tales como fallas geológicas, rellenos naturales no consolidados y otros factores que puedan amplificar, entre más alto sea el coeficiente de aceleración mayor será la susceptibilidad del terreno a la amenaza sísmica.

La elaboración de la cartografía de amenaza sísmica en el área de estudio se realizó a partir de información secundaria la cual se encuentra en el "Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10", el cual define que el área de estudio se encuentra localizada en una zona de amenaza sísmica intermedia, aceleración de 0,20 (**Figura 5.1-41**).

Ibagué y Piedras (Tolima)

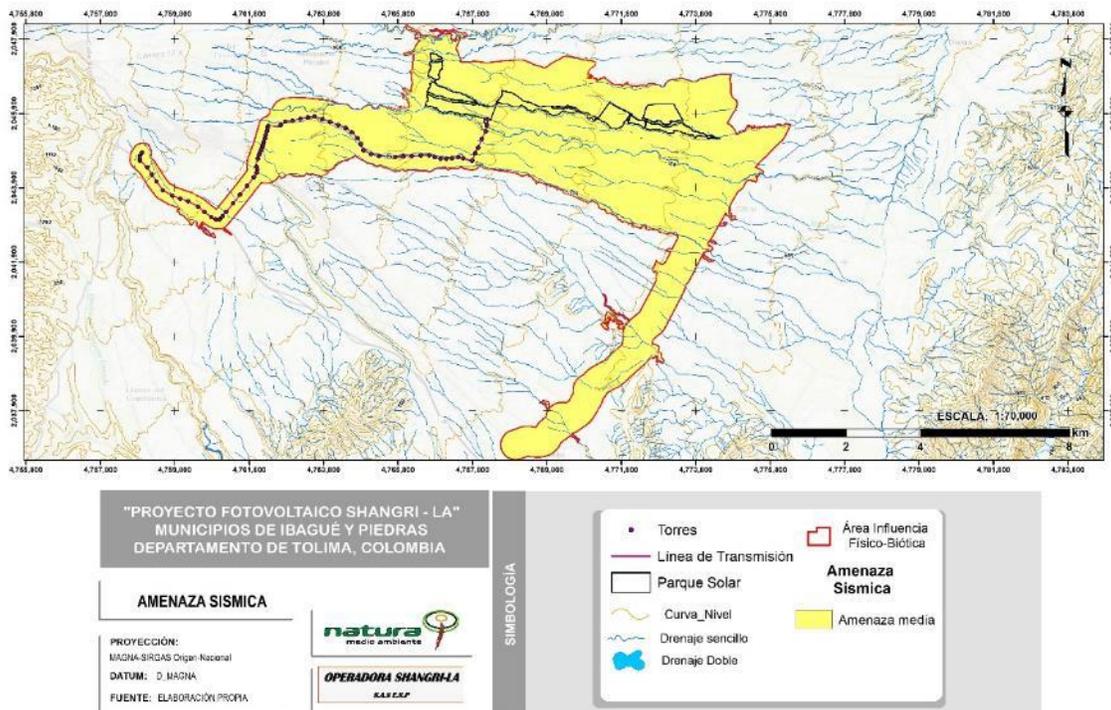


Figura 5.1-41 Amenaza sísmica dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La intensidad máxima observada se evalúa a partir del inventario en un sitio dado, del conjunto de efectos producidos sobre la población y el entorno por una sacudida sísmica. El Servicio Geológico Colombiano en el año 2015 elaboró para Colombia el mapa de intensidad máxima observada, dentro del cual se definieron seis categorías (Tabla 5.1-4).

Tabla 5.1-4 Grado De Intensidad Observada

| GRADO DE INTENSIDAD | SÍMBOLO | INTENSIDAD OBSERVADA |
|---------------------|---------|-----------------------|
| 4 | | Observado ampliamente |
| 5 | | Fuerte |
| 6 | | Daño Leve |
| 7 | | Daño Moderado. |
| 8 | | Daño Severo |
| 9 | | Destructivo. |

Fuente: SGC, 2015

De acuerdo con este mapa (**Figura 5.1-42**) el área de estudio del presente proyecto se localiza dentro de un grado de intensidad 6 (daño leve) y se caracteriza puesto que "Mucha gente se asusta y corre a la calle. Algunas personas pierden el equilibrio. Algunos objetos caen. Muchas viviendas sufren daños leves no estructurales, como grietas en muros y caída de partes del revestimiento.

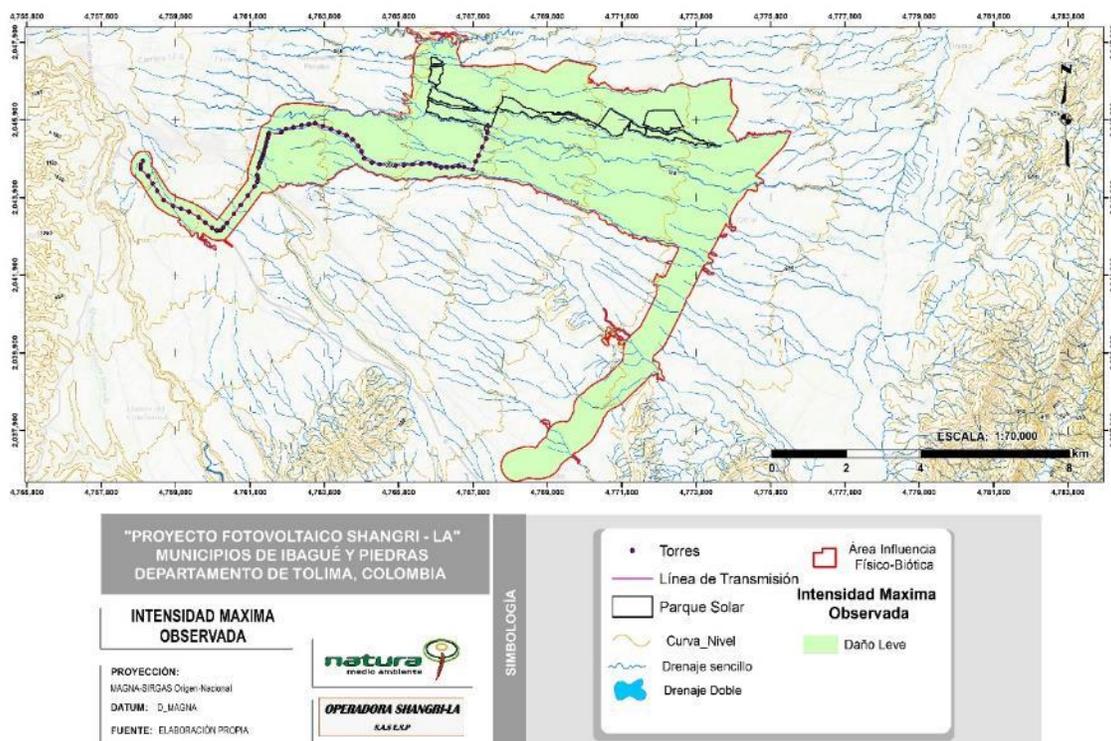


Figura 5.1-42 Intensidad máxima observada para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El mapa de amenaza sísmica representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia. El movimiento del terreno se calcula en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA), y se estima para probabilidades del 2%, 10% o 50% de ser sobrepasado en un tiempo de 50 años, tiempo estimado de vida útil de una construcción corriente. Estas probabilidades se asocian con la frecuencia de ocurrencia (o periodo de retorno) de los sismos

potencialmente destructores: de ocurrencia excepcional (periodo de retorno de 2475 años), frecuentes (periodo de retorno de 475 años) o muy frecuentes (periodo de retorno de 75 años).

Para el territorio colombiano el Servicio Geológico Colombiano ha elaborado el mapa que evalúa la intensidad sísmica esperada. De acuerdo con dicho mapa, el área de influencia Físico-Biótica para el proyecto Fotovoltaico Shangri-La, se localiza en una zona con percepción del movimiento Muy Fuerte y daño potencial moderado, con valores de PGA (%), entre 18-34 (Figura 5.1-43).

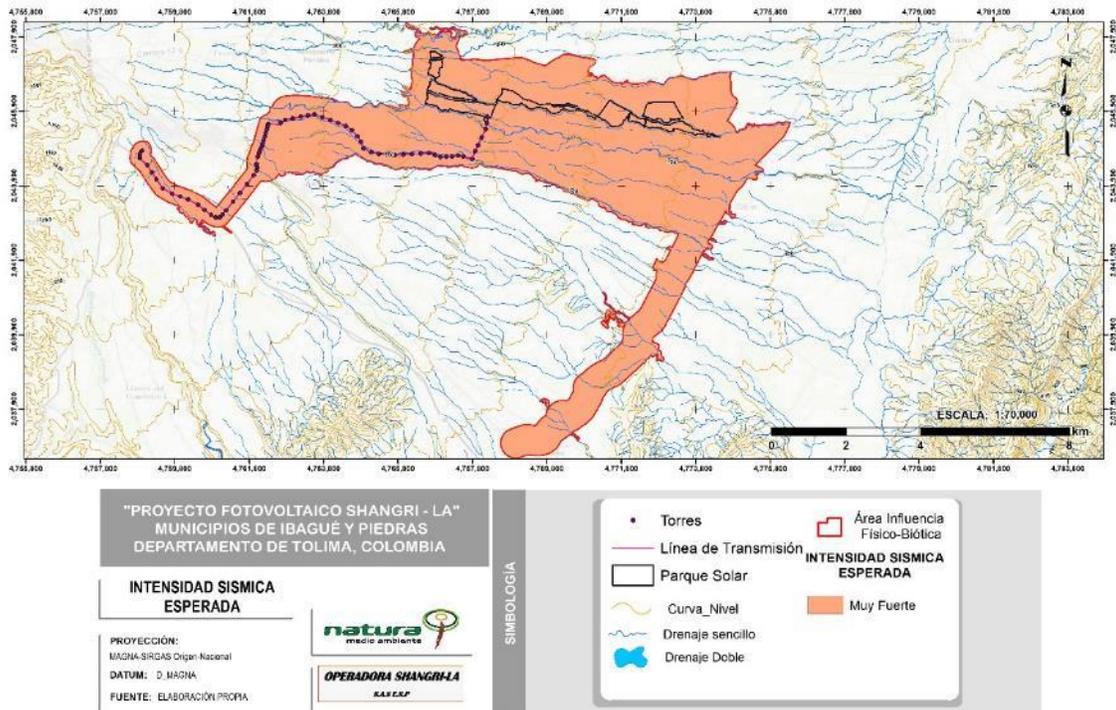


Figura 5.1-43 Intensidad sísmica esperada para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3.1.1 Registro de sismos

Para un completo análisis de la actividad sísmica en el área de influencia físico-biótica del presente proyecto, se ha consultado el reporte de sismos históricos a través de la página oficial de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC). Los registros consultados corresponden a los sismos ocurridos en un buffer de 25 km alrededor del área de influencia Físico-Biótica del proyecto Fotovoltaico Shangri-La. En términos generales y de acuerdo con esta consulta, la Red Sismológica Nacional de Colombia ha reportado un total de 329 sismos desde el año 1993 hasta la actualidad (2021), en un buffer de 25 km alrededor del proyecto. El registro de sismos se presenta a continuación (**Tabla 5.1-5**)

Es importante destacar que, para sismos con aceleraciones altas y con magnitudes superiores a los 5.5 grados, la Magnitud obtenida no se asocia con la escala de Richter ya que no es una magnitud Local, sino una Magnitud de Momento (Mw). Esto debido que cuando se hace medición con magnitud local (ml), es específicamente para sismos con magnitudes menores a 5.5, ya que se puede representar de manera adecuada la amplitud de las ondas y, además, se representará mejor el tamaño del sismo. Por otra parte, cuando son mayores a 5.5, ya se habla de Mw, en la cual sí se puede representar propiamente la magnitud de la onda sin que la misma se distorsione. Esto de la distorsión ocurriría si el sismo se mide con base en escala de Richter o MI y su magnitud sobrepasa los 5.5.

Al mismo tiempo es necesario resaltar que, las diversas aceleraciones que presenta la Norma de Sismo Resistencia (RSNC), son el resultado de cálculos a nivel regional y a nivel local, con base en los parámetros de fuentes sismogénicas, así como también, en registros de eventos sísmicos ocurridos en esta zona.

Tabla 5.1-5 Grado De Intensidad Observada

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 1 | 1 | 3/06/1993 | 1:10:40 | 6.0 | 2.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 26.1 | 4785397 | 2059068 |
| Sismo 2 | 2 | 9/06/1993 | 12:25:51 | 1.2 | 3.0 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 21.6 | 4751123 | 2026215 |
| Sismo 3 | 3 | 5/09/1993 | 5:12:48 | 16.5 | 2.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 15.7 | 4755165 | 2041905 |
| Sismo 4 | 4 | 17/09/1993 | 5:40:44 | 3.8 | 1.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 16.3 | 4775380 | 2047708 |
| Sismo 5 | 5 | 21/09/1993 | 3:39:13 | 25.2 | 2.3 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 17.0 | 4739825 | 2034653 |
| Sismo 6 | 6 | 20/10/1993 | 12:41:42 | 43.1 | 2.3 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 9.7 | 4751250 | 2068345 |
| Sismo 7 | 7 | 20/10/1993 | 12:41:43 | 37.9 | 2.5 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 21.3 | 4754571 | 2065791 |
| Sismo 8 | 8 | 23/02/1994 | 22:03:57 | 5.9 | 3.1 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 22.9 | 4762556 | 2025630 |
| Sismo 9 | 9 | 8/03/1994 | 17:47:16 | 7.4 | 2.0 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 11.2 | 4772422 | 2020628 |
| Sismo 10 | 10 | 14/02/1995 | 8:05:01 | 22.0 | 2.0 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 0.0 | 4770368 | 2041198 |
| Sismo 11 | 11 | 21/04/1995 | 7:36:01 | 8.5 | 3.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 14.1 | 4776596 | 2046156 |
| Sismo 12 | 12 | 9/08/1995 | 19:13:06 | 4.9 | 2.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 14.9 | 4784725 | 2056527 |
| Sismo 13 | 13 | 20/11/1995 | 2:35:55 | 10.0 | 2.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 17.2 | 4787527 | 2067244 |
| Sismo 14 | 14 | 22/12/1995 | 13:55:34 | 53.8 | 2.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 32.7 | 4784829 | 2053984 |
| Sismo 15 | 15 | 7/01/1996 | 13:35:44 | 4.3 | 2.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 99.9 | 4777938 | 2049691 |
| Sismo 16 | 16 | 2/02/1996 | 0:57:00 | 15.7 | 2.5 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 12.1 | 4769357 | 2036557 |
| Sismo 17 | 17 | 27/04/1996 | 3:48:47 | 0.5 | 1.9 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 41.0 | 4762892 | 2026845 |
| Sismo 18 | 18 | 27/04/1996 | 2:16:06 | 28.0 | 2.3 | TOLIMA | ESPINAL | Revisado | 8.7 | 4781082 | 2021379 |
| Sismo 19 | 19 | 13/06/1996 | 17:05:23 | 33.4 | 2.1 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 30.3 | 4775023 | 2038864 |
| Sismo 20 | 20 | 4/01/1997 | 14:17:21 | 49.8 | 2.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 16.6 | 4783631 | 2062611 |
| Sismo 21 | 21 | 5/01/1997 | 1:25:20 | 48.4 | 1.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 16.6 | 4783962 | 2061946 |
| Sismo 22 | 22 | 30/09/1997 | 0:48:20 | 27.5 | 2.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 13.3 | 4787048 | 2054089 |
| Sismo 23 | 23 | 10/11/1997 | 4:52:46 | 6.0 | 2.1 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 9.1 | 4787740 | 2064147 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 24 | 24 | 22/11/1997 | 15:50:07 | 73.9 | 3.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 17.6 | 4778309 | 2063620 |
| Sismo 25 | 25 | 12/02/1998 | 8:14:40 | 4.1 | 1.9 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 99.9 | 4762343 | 2028837 |
| Sismo 26 | 26 | 15/03/1998 | 22:59:30 | 17.7 | 2.8 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 7.5 | 4781495 | 2052003 |
| Sismo 27 | 27 | 3/04/1998 | 14:46:17 | 28.0 | 2.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 30.2 | 4783491 | 2051776 |
| Sismo 28 | 28 | 15/11/1998 | 19:28:40 | 1.5 | 2.9 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 21.3 | 4779658 | 2028901 |
| Sismo 29 | 29 | 7/01/1999 | 6:36:45 | 0.0 | 2.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 35.7 | 4763292 | 2050506 |
| Sismo 30 | 30 | 3/02/1999 | 6:09:21 | 12.3 | 2.1 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 6.2 | 4773209 | 2064851 |
| Sismo 31 | 31 | 3/02/1999 | 10:36:58 | 10.6 | 2.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.7 | 4772960 | 2055343 |
| Sismo 32 | 32 | 5/02/1999 | 12:31:36 | 4.9 | 2.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 23.7 | 4788631 | 2065361 |
| Sismo 33 | 33 | 6/03/1999 | 22:15:44 | 23.9 | 2.4 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 23.5 | 4766553 | 2065312 |
| Sismo 34 | 34 | 7/03/1999 | 4:05:09 | 13.1 | 2.3 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 5.0 | 4773001 | 2069827 |
| Sismo 35 | 35 | 26/04/1999 | 23:10:10 | 0.0 | 2.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 37.4 | 4762945 | 2045531 |
| Sismo 36 | 36 | 16/05/1999 | 13:44:41 | 18.2 | 2.2 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 10.4 | 4760798 | 2069974 |
| Sismo 37 | 37 | 20/05/1999 | 4:15:42 | 11.5 | 2.2 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 6.7 | 4761246 | 2071410 |
| Sismo 38 | 38 | 21/09/2000 | 14:38:59 | 1.2 | 2.3 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 32.5 | 4752992 | 2019907 |
| Sismo 39 | 39 | 26/01/2001 | 3:13:36 | 53.6 | 2.1 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 26.3 | 4776087 | 2062742 |
| Sismo 40 | 40 | 5/05/2001 | 22:15:31 | 4.0 | 2.8 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 21.6 | 4744127 | 2025461 |
| Sismo 41 | 41 | 6/08/2001 | 22:27:24 | 26.0 | 2.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.1 | 4779858 | 2062068 |
| Sismo 42 | 42 | 10/08/2001 | 7:10:08 | 0.0 | 2.1 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 25.3 | 4771910 | 2036992 |
| Sismo 43 | 43 | 7/09/2001 | 4:21:49 | 13.0 | 1.8 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 7.8 | 4761804 | 2072735 |
| Sismo 44 | 44 | 15/09/2001 | 23:34:09 | 10.2 | 2.4 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 8.2 | 4777308 | 2021500 |
| Sismo 45 | 45 | 24/09/2001 | 22:36:41 | 9.7 | 2.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.4 | 4781728 | 2056093 |
| Sismo 46 | 46 | 17/10/2001 | 7:53:32 | 17.8 | 2.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 9.6 | 4780853 | 2060849 |
| Sismo 47 | 47 | 23/11/2001 | 11:03:17 | 0.1 | 2.8 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 19.6 | 4768981 | 2020637 |
| Sismo 48 | 48 | 3/12/2001 | 9:54:10 | 0.0 | 2.2 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 26.8 | 4766911 | 2035237 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 49 | 49 | 7/12/2001 | 10:56:56 | 0.0 | 2.8 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 31.3 | 4744091 | 2050121 |
| Sismo 50 | 50 | 16/03/2002 | 9:29:40 | 3.5 | 2.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 27.1 | 4745627 | 2044477 |
| Sismo 51 | 51 | 17/03/2002 | 7:00:40 | 0.0 | 2.2 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 20.4 | 4758772 | 2022212 |
| Sismo 52 | 52 | 29/03/2002 | 10:22:14 | 8.0 | 2.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 10.9 | 4787071 | 2062712 |
| Sismo 53 | 53 | 29/03/2002 | 13:50:00 | 23.3 | 3.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 12.7 | 4781521 | 2061621 |
| Sismo 54 | 54 | 11/04/2002 | 4:28:53 | 0.0 | 2.4 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 26.0 | 4742840 | 2040504 |
| Sismo 55 | 55 | 23/04/2002 | 2:17:44 | 0.0 | 2.9 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 21.6 | 4742732 | 2041389 |
| Sismo 56 | 56 | 28/04/2002 | 21:25:04 | 24.1 | 3.8 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 4.2 | 4785687 | 2042595 |
| Sismo 57 | 57 | 24/05/2002 | 15:26:31 | 20.0 | 2.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 9.0 | 4786182 | 2062272 |
| Sismo 58 | 58 | 2/07/2002 | 5:34:10 | 20.4 | 2.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.2 | 4776084 | 2061526 |
| Sismo 59 | 59 | 2/08/2002 | 16:20:31 | 2.0 | 2.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 17.0 | 4788184 | 2064257 |
| Sismo 60 | 60 | 16/01/2003 | 9:48:55 | 4.1 | 2.1 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 5.0 | 4767682 | 2033024 |
| Sismo 61 | 61 | 24/01/2003 | 20:02:14 | 0.0 | 3.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 36.1 | 4740737 | 2042501 |
| Sismo 62 | 62 | 7/02/2003 | 16:16:20 | 1.2 | 2.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.6 | 4756500 | 2043117 |
| Sismo 63 | 63 | 28/02/2003 | 4:39:29 | 0.1 | 3.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 21.8 | 4740291 | 2041839 |
| Sismo 64 | 64 | 28/02/2003 | 8:25:29 | 4.0 | 1.7 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 39.5 | 4743738 | 2043598 |
| Sismo 65 | 65 | 4/04/2003 | 4:17:28 | 29.9 | 2.2 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 4.7 | 4760584 | 2072628 |
| Sismo 66 | 66 | 14/05/2003 | 7:25:35 | 0.0 | 1.8 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 25.9 | 4780889 | 2032657 |
| Sismo 67 | 67 | 1/07/2003 | 22:00:39 | 0.0 | 2.8 | TOLIMA | SAN_LUIS | Revisado | 12.6 | 4761868 | 2017892 |
| Sismo 68 | 68 | 19/07/2003 | 2:16:56 | 24.0 | 1.7 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 17.6 | 4771869 | 2061980 |
| Sismo 69 | 69 | 19/08/2003 | 14:48:58 | 22.0 | 2.4 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 10.6 | 4778922 | 2044271 |
| Sismo 70 | 70 | 29/01/2004 | 1:11:56 | 11.0 | 2.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 12.9 | 4786287 | 2059840 |
| Sismo 71 | 71 | 10/03/2004 | 7:04:04 | 26.0 | 2.3 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 10.2 | 4771531 | 2059991 |
| Sismo 72 | 72 | 10/03/2004 | 12:01:22 | 21.4 | 2.3 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 4.0 | 4777795 | 2037751 |
| Sismo 73 | 73 | 22/05/2004 | 6:43:19 | 0.0 | 2.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 16.2 | 4776638 | 2061193 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 74 | 74 | 15/10/2004 | 1:56:05 | 17.8 | 2.1 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 15.7 | 4783750 | 2065264 |
| Sismo 75 | 75 | 15/10/2004 | 3:14:51 | 24.3 | 2.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.2 | 4782640 | 2065267 |
| Sismo 76 | 76 | 22/11/2004 | 10:32:59 | 0.0 | 3.1 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 5.9 | 4762890 | 2064770 |
| Sismo 77 | 77 | 26/12/2004 | 21:41:31 | 13.4 | 2.3 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 5.8 | 4767779 | 2067299 |
| Sismo 78 | 78 | 1/01/2005 | 19:04:21 | 19.1 | 2.1 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.7 | 4777737 | 2057652 |
| Sismo 79 | 79 | 21/05/2005 | 16:43:13 | 1.1 | 3.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.7 | 4744623 | 2042600 |
| Sismo 80 | 80 | 15/06/2005 | 2:17:21 | 0.0 | 2.2 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 11.4 | 4764757 | 2018658 |
| Sismo 81 | 81 | 20/06/2005 | 9:44:46 | 0.0 | 2.2 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 26.7 | 4742801 | 2027566 |
| Sismo 82 | 82 | 29/06/2005 | 20:56:41 | 16.0 | 2.4 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 7.2 | 4772106 | 2067065 |
| Sismo 83 | 83 | 10/07/2005 | 3:24:24 | 8.7 | 2.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.3 | 4772601 | 2046167 |
| Sismo 84 | 84 | 4/12/2005 | 5:56:08 | 4.0 | 2.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 9.5 | 4786309 | 2068021 |
| Sismo 85 | 85 | 10/12/2005 | 12:40:05 | 46.0 | 2.2 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 38.3 | 4767920 | 2038883 |
| Sismo 86 | 86 | 21/04/2006 | 22:30:45 | 4.5 | 3.4 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 9.3 | 4764005 | 2027727 |
| Sismo 87 | 87 | 1/05/2006 | 5:22:01 | 16.2 | 2.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.6 | 4776093 | 2064732 |
| Sismo 88 | 88 | 20/05/2006 | 2:24:20 | 10.0 | 2.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 18.7 | 4784649 | 2069573 |
| Sismo 89 | 89 | 12/07/2006 | 6:56:06 | 21.2 | 1.7 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 8.7 | 4761020 | 2070305 |
| Sismo 90 | 90 | 29/07/2006 | 5:44:27 | 18.7 | 2.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.2 | 4785487 | 2050997 |
| Sismo 91 | 91 | 5/08/2006 | 7:31:04 | 53.6 | 2.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.7 | 4741875 | 2051234 |
| Sismo 92 | 92 | 25/08/2006 | 6:35:46 | 23.0 | 1.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 8.2 | 4786287 | 2059950 |
| Sismo 93 | 93 | 27/08/2006 | 8:42:52 | 19.5 | 2.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.4 | 4784064 | 2058629 |
| Sismo 94 | 94 | 2/09/2006 | 1:41:07 | 5.6 | 1.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 12.7 | 4778086 | 2063289 |
| Sismo 95 | 95 | 13/10/2006 | 20:03:06 | 4.2 | 2.3 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 99.9 | 4749457 | 2025777 |
| Sismo 96 | 96 | 1/11/2006 | 5:41:01 | 9.1 | 1.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.8 | 4778821 | 2048030 |
| Sismo 97 | 97 | 5/11/2006 | 5:13:00 | 4.1 | 1.7 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 4.4 | 4766568 | 2031589 |
| Sismo 98 | 98 | 23/12/2006 | 6:16:07 | 4.0 | 2.1 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 6.5 | 4776000 | 2071034 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 99 | 99 | 8/01/2007 | 19:57:56 | 0.0 | 2.6 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 9.5 | 4744646 | 2050120 |
| Sismo 100 | 100 | 23/01/2007 | 7:28:15 | 3.8 | 2.1 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 9.6 | 4773940 | 2048596 |
| Sismo 101 | 101 | 19/05/2007 | 7:08:52 | 0.0 | 2.6 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 24.3 | 4743896 | 2058526 |
| Sismo 102 | 102 | 23/05/2007 | 4:32:44 | 20.0 | 3.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.4 | 4782312 | 2066926 |
| Sismo 103 | 103 | 26/05/2007 | 3:31:26 | 19.4 | 3.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 7.6 | 4759394 | 2045763 |
| Sismo 104 | 104 | 16/06/2007 | 19:59:33 | 15.3 | 2.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 14.4 | 4781876 | 2069912 |
| Sismo 105 | 105 | 29/12/2007 | 0:10:51 | 4.0 | 2.7 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 24.6 | 4775644 | 2021836 |
| Sismo 106 | 106 | 18/05/2008 | 20:07:03 | 4.1 | 1.6 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 36.6 | 4751860 | 2050097 |
| Sismo 107 | 107 | 5/06/2008 | 3:31:14 | 12.3 | 2.0 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 8.3 | 4768099 | 2062765 |
| Sismo 108 | 108 | 30/07/2008 | 3:13:46 | 4.6 | 1.8 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.4 | 4783733 | 2059073 |
| Sismo 109 | 109 | 25/10/2008 | 20:25:24 | 48.3 | 1.7 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 11.4 | 4740808 | 2029342 |
| Sismo 110 | 110 | 29/11/2008 | 2:51:02 | 14.5 | 1.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.6 | 4786642 | 2068130 |
| Sismo 111 | 111 | 31/01/2009 | 22:18:54 | 17.5 | 1.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 6.0 | 4749165 | 2039932 |
| Sismo 112 | 112 | 13/03/2009 | 12:05:30 | 1.1 | 1.9 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 11.8 | 4748802 | 2029760 |
| Sismo 113 | 113 | 24/03/2009 | 21:07:58 | 23.5 | 1.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 12.1 | 4777328 | 2070036 |
| Sismo 114 | 114 | 27/03/2009 | 13:33:23 | 12.0 | 1.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 11.1 | 4762609 | 2044426 |
| Sismo 115 | 115 | 31/05/2009 | 20:10:00 | 3.7 | 3.2 | TOLIMA | SAN_LUIS | Revisado | 8.8 | 4775957 | 2013764 |
| Sismo 116 | 116 | 31/05/2009 | 20:13:12 | 4.0 | 1.8 | TOLIMA | SAN_LUIS | Revisado | 9.7 | 4775068 | 2013545 |
| Sismo 117 | 117 | 31/05/2009 | 21:58:30 | 10.1 | 1.2 | TOLIMA | ESPINAL | Revisado | 10.2 | 4780176 | 2014195 |
| Sismo 118 | 118 | 3/06/2009 | 9:40:33 | 16.0 | 1.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 31.4 | 4774162 | 2048817 |
| Sismo 119 | 119 | 12/06/2009 | 12:22:44 | 32.0 | 1.3 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 15.8 | 4768780 | 2068070 |
| Sismo 120 | 120 | 24/06/2009 | 13:27:48 | 9.1 | 1.4 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 11.0 | 4775135 | 2039195 |
| Sismo 121 | 121 | 26/07/2009 | 22:56:35 | 4.0 | 1.3 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 5.3 | 4770772 | 2066185 |
| Sismo 122 | 122 | 11/08/2009 | 9:37:06 | 2.0 | 1.8 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 14.2 | 4788395 | 2059834 |
| Sismo 123 | 123 | 13/09/2009 | 17:09:27 | 8.0 | 1.8 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 10.7 | 4759221 | 2023980 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 124 | 124 | 11/10/2009 | 21:04:35 | 15.2 | 1.4 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 12.2 | 4776334 | 2071476 |
| Sismo 125 | 125 | 30/10/2009 | 10:21:40 | 8.0 | 2.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.7 | 4786611 | 2056743 |
| Sismo 126 | 126 | 15/11/2009 | 21:20:10 | 4.3 | 1.5 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 5.1 | 4756439 | 2021556 |
| Sismo 127 | 127 | 19/11/2009 | 5:23:12 | 10.0 | 1.3 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 12.7 | 4748741 | 2046347 |
| Sismo 128 | 128 | 11/12/2009 | 2:40:19 | 4.3 | 1.2 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 3.3 | 4784465 | 2042377 |
| Sismo 129 | 129 | 25/01/2010 | 23:21:13 | 30.0 | 1.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.9 | 4775093 | 2064182 |
| Sismo 130 | 130 | 27/01/2010 | 8:46:49 | 4.0 | 2.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.9 | 4783271 | 2052440 |
| Sismo 131 | 131 | 3/02/2010 | 17:31:34 | 5.2 | 1.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 15.5 | 4753846 | 2046221 |
| Sismo 132 | 132 | 4/02/2010 | 20:57:58 | 7.8 | 1.6 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 9.6 | 4755282 | 2043784 |
| Sismo 133 | 133 | 10/02/2010 | 4:20:25 | 0.2 | 0.9 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.4 | 4743539 | 2050897 |
| Sismo 134 | 134 | 18/02/2010 | 7:41:36 | 12.1 | 2.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.3 | 4783064 | 2057969 |
| Sismo 135 | 135 | 20/02/2010 | 11:27:18 | 42.5 | 1.1 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 22.5 | 4765775 | 2064983 |
| Sismo 136 | 136 | 9/03/2010 | 9:35:10 | 15.7 | 0.9 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.7 | 4755618 | 2045000 |
| Sismo 137 | 137 | 16/03/2010 | 13:45:07 | 43.9 | 1.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 16.1 | 4777961 | 2058204 |
| Sismo 138 | 138 | 19/03/2010 | 18:28:51 | 0.0 | 1.1 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 9.3 | 4778327 | 2029236 |
| Sismo 139 | 139 | 2/04/2010 | 7:56:57 | 29.1 | 1.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 20.6 | 4775079 | 2059207 |
| Sismo 140 | 140 | 27/04/2010 | 19:43:26 | 19.2 | 0.9 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.0 | 4759512 | 2048084 |
| Sismo 141 | 141 | 28/04/2010 | 11:23:33 | 20.7 | 1.2 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 10.4 | 4766779 | 2066860 |
| Sismo 142 | 142 | 25/05/2010 | 0:45:27 | 4.1 | 1.7 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 99.9 | 4767557 | 2028048 |
| Sismo 143 | 143 | 27/06/2010 | 15:40:45 | 6.8 | 2.7 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 7.0 | 4763503 | 2046746 |
| Sismo 144 | 144 | 20/07/2010 | 14:47:12 | 17.7 | 1.7 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 13.9 | 4767657 | 2063540 |
| Sismo 145 | 145 | 7/09/2010 | 23:35:10 | 10.8 | 1.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.6 | 4743211 | 2052778 |
| Sismo 146 | 146 | 20/09/2010 | 17:30:55 | 27.0 | 2.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 9.0 | 4781165 | 2052999 |
| Sismo 147 | 147 | 11/10/2010 | 13:08:17 | 10.6 | 2.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 15.3 | 4741211 | 2051900 |
| Sismo 148 | 148 | 19/10/2010 | 3:45:14 | 16.9 | 1.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.7 | 4775161 | 2048814 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 149 | 149 | 20/11/2010 | 19:43:49 | 4.3 | 1.8 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 4.4 | 4778800 | 2040180 |
| Sismo 150 | 150 | 27/11/2010 | 4:52:17 | 3.5 | 1.3 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 7.4 | 4777462 | 2037752 |
| Sismo 151 | 151 | 4/01/2011 | 8:11:03 | 5.9 | 1.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 10.9 | 4783084 | 2065266 |
| Sismo 152 | 152 | 8/01/2011 | 23:22:17 | 27.0 | 2.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 6.4 | 4761504 | 2046420 |
| Sismo 153 | 153 | 22/01/2011 | 6:25:33 | 0.0 | 1.7 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 10.3 | 4760573 | 2069090 |
| Sismo 154 | 154 | 26/01/2011 | 14:40:24 | 14.1 | 2.2 | TOLIMA | ESPINAL | Revisado | 15.9 | 4779065 | 2013977 |
| Sismo 155 | 155 | 12/03/2011 | 21:37:08 | 30.7 | 1.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.8 | 4777535 | 2064618 |
| Sismo 156 | 156 | 28/03/2011 | 23:17:43 | 32.0 | 1.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 12.6 | 4782626 | 2060071 |
| Sismo 157 | 157 | 23/04/2011 | 7:47:36 | 4.0 | 2.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 9.3 | 4759726 | 2045540 |
| Sismo 158 | 158 | 3/06/2011 | 23:12:41 | 4.9 | 1.6 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 4.7 | 4784344 | 2038286 |
| Sismo 159 | 159 | 6/06/2011 | 2:19:21 | 50.0 | 1.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 19.5 | 4779099 | 2068372 |
| Sismo 160 | 160 | 20/06/2011 | 10:01:21 | 46.0 | 1.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 20.9 | 4784373 | 2049563 |
| Sismo 161 | 161 | 20/06/2011 | 19:25:29 | 32.0 | 1.1 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.5 | 4781202 | 2066929 |
| Sismo 162 | 162 | 19/07/2011 | 0:39:16 | 4.0 | 1.3 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 8.5 | 4755985 | 2018018 |
| Sismo 163 | 163 | 11/08/2011 | 22:10:27 | 30.5 | 1.4 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 5.0 | 4760232 | 2028290 |
| Sismo 164 | 164 | 11/08/2011 | 6:31:59 | 36.4 | 2.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 9.8 | 4782719 | 2053437 |
| Sismo 165 | 165 | 16/08/2011 | 2:59:51 | 4.0 | 2.4 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.9 | 4751844 | 2044900 |
| Sismo 166 | 166 | 25/08/2011 | 5:04:52 | 7.9 | 2.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 7.5 | 4786972 | 2067356 |
| Sismo 167 | 167 | 28/08/2011 | 3:26:49 | 32.0 | 1.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 2.0 | 4784068 | 2059846 |
| Sismo 168 | 168 | 17/09/2011 | 10:55:12 | 7.7 | 2.6 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 2.6 | 4779189 | 2060964 |
| Sismo 169 | 169 | 23/09/2011 | 20:36:21 | 0.0 | 1.7 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 28.4 | 4770568 | 2033237 |
| Sismo 170 | 170 | 23/09/2011 | 16:05:59 | 10.0 | 2.0 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 11.4 | 4768010 | 2070173 |
| Sismo 171 | 171 | 26/09/2011 | 20:32:16 | 12.6 | 2.0 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 7.7 | 4769109 | 2027160 |
| Sismo 172 | 172 | 27/09/2011 | 22:40:20 | 0.0 | 1.6 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 6.1 | 4773797 | 2036987 |
| Sismo 173 | 173 | 30/09/2011 | 19:18:55 | 4.0 | 1.8 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 4.5 | 4777234 | 2035651 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 174 | 174 | 14/10/2011 | 9:27:34 | 18.5 | 1.6 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.6 | 4750413 | 2048664 |
| Sismo 175 | 175 | 19/10/2011 | 0:04:33 | 4.0 | 1.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.0 | 4783631 | 2062390 |
| Sismo 176 | 176 | 19/10/2011 | 7:40:19 | 13.1 | 1.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 10.5 | 4756849 | 2048424 |
| Sismo 177 | 177 | 30/10/2011 | 23:28:16 | 32.2 | 1.2 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 8.7 | 4768778 | 2067517 |
| Sismo 178 | 178 | 12/12/2011 | 18:40:12 | 4.2 | 1.3 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 99.9 | 4762835 | 2045863 |
| Sismo 179 | 179 | 24/12/2011 | 22:21:12 | 177.5 | 1.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.6 | 4757848 | 2048421 |
| Sismo 180 | 180 | 23/01/2012 | 22:00:54 | 29.2 | 1.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.3 | 4776163 | 2049806 |
| Sismo 181 | 181 | 27/01/2012 | 9:53:24 | 7.3 | 1.6 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.7 | 4751289 | 2044791 |
| Sismo 182 | 182 | 19/02/2012 | 0:45:37 | 1.9 | 1.5 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 4.4 | 4787332 | 2035183 |
| Sismo 183 | 183 | 25/02/2012 | 1:47:59 | 4.1 | 1.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.1 | 4786604 | 2054090 |
| Sismo 184 | 184 | 5/03/2012 | 13:30:46 | 19.5 | 1.2 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 9.5 | 4763002 | 2064991 |
| Sismo 185 | 185 | 26/05/2012 | 23:19:19 | 32.0 | 1.5 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 26.0 | 4767654 | 2062324 |
| Sismo 186 | 186 | 6/06/2012 | 9:30:47 | 34.6 | 1.7 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 5.6 | 4760465 | 2070196 |
| Sismo 187 | 187 | 5/08/2012 | 14:21:01 | 4.8 | 1.9 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 5.5 | 4780128 | 2038961 |
| Sismo 188 | 188 | 10/08/2012 | 3:00:36 | 1.6 | 1.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 8.4 | 4781844 | 2058083 |
| Sismo 189 | 189 | 25/08/2012 | 17:00:52 | 13.1 | 1.9 | TOLIMA | ESPINAL | Revisado | 12.5 | 4778975 | 2022269 |
| Sismo 190 | 190 | 4/10/2012 | 0:43:50 | 56.9 | 1.6 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 20.6 | 4755418 | 2052188 |
| Sismo 191 | 191 | 6/10/2012 | 20:55:36 | 7.6 | 1.9 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.3 | 4760839 | 2046532 |
| Sismo 192 | 192 | 14/10/2012 | 13:45:58 | 29.1 | 1.6 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 2.9 | 4777748 | 2061521 |
| Sismo 193 | 193 | 26/10/2012 | 2:31:20 | 19.3 | 1.8 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 2.7 | 4763215 | 2023306 |
| Sismo 194 | 194 | 21/11/2012 | 2:51:44 | 18.8 | 2.0 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 4.3 | 4781695 | 2043932 |
| Sismo 195 | 195 | 2/12/2012 | 11:46:02 | 8.5 | 1.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 10.3 | 4742768 | 2052890 |
| Sismo 196 | 196 | 7/12/2012 | 10:47:36 | 7.9 | 2.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.6 | 4741766 | 2051787 |
| Sismo 197 | 197 | 14/01/2013 | 5:36:25 | 13.6 | 3.0 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 3.6 | 4766794 | 2032916 |
| Sismo 198 | 198 | 18/02/2013 | 9:42:20 | 8.9 | 0.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.6 | 4785084 | 2066255 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 199 | 199 | 4/04/2013 | 15:30:56 | 3.5 | 1.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.0 | 4773613 | 2050698 |
| Sismo 200 | 200 | 7/04/2013 | 7:17:27 | 4.0 | 1.6 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 7.6 | 4782083 | 2064273 |
| Sismo 201 | 201 | 15/05/2013 | 2:45:07 | 4.0 | 1.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.6 | 4748850 | 2045683 |
| Sismo 202 | 202 | 31/05/2013 | 18:55:11 | 4.0 | 1.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 8.1 | 4786524 | 2065588 |
| Sismo 203 | 203 | 10/07/2013 | 0:30:32 | 13.3 | 1.1 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 20.1 | 4769224 | 2067958 |
| Sismo 204 | 204 | 3/08/2013 | 8:47:18 | 4.0 | 2.7 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 4.5 | 4771868 | 2061759 |
| Sismo 205 | 205 | 5/08/2013 | 17:52:47 | 6.3 | 2.0 | TOLIMA | ESPINAL | Revisado | 8.1 | 4782195 | 2022372 |
| Sismo 206 | 206 | 1/09/2013 | 8:02:08 | 4.0 | 1.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 8.8 | 4781647 | 2067260 |
| Sismo 207 | 207 | 3/09/2013 | 19:54:17 | 4.0 | 2.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.1 | 4748954 | 2043582 |
| Sismo 208 | 208 | 9/09/2013 | 13:08:42 | 18.0 | 1.9 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 2.8 | 4775578 | 2038973 |
| Sismo 209 | 209 | 22/09/2013 | 8:11:41 | 31.2 | 0.8 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 6.3 | 4764907 | 2071509 |
| Sismo 210 | 210 | 12/10/2013 | 10:58:43 | 30.5 | 1.1 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.9 | 4785821 | 2051439 |
| Sismo 211 | 211 | 18/10/2013 | 9:51:48 | 4.0 | 1.6 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 7.6 | 4785970 | 2065811 |
| Sismo 212 | 212 | 8/01/2014 | 18:34:15 | 153.3 | 2.3 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 8.4 | 4764551 | 2024519 |
| Sismo 213 | 213 | 10/01/2014 | 15:33:16 | 24.4 | 0.9 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.3 | 4756956 | 2046986 |
| Sismo 214 | 214 | 16/01/2014 | 2:15:36 | 4.0 | 0.8 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.8 | 4753392 | 2043016 |
| Sismo 215 | 215 | 16/02/2014 | 1:06:29 | 21.1 | 1.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 7.5 | 4757618 | 2045768 |
| Sismo 216 | 216 | 27/02/2014 | 9:33:25 | 6.0 | 1.2 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 3.3 | 4775136 | 2039748 |
| Sismo 217 | 217 | 2/03/2014 | 2:50:59 | 175.5 | 1.9 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 9.8 | 4737265 | 2032449 |
| Sismo 218 | 218 | 30/05/2014 | 5:00:51 | 16.8 | 1.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 15.6 | 4760279 | 2044875 |
| Sismo 219 | 219 | 1/06/2014 | 0:21:41 | 4.0 | 0.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.7 | 4781640 | 2064717 |
| Sismo 220 | 220 | 6/06/2014 | 22:20:36 | 15.5 | 1.2 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 8.4 | 4743921 | 2030770 |
| Sismo 221 | 221 | 21/06/2014 | 12:31:30 | 180.0 | 3.6 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 6.3 | 4745886 | 2056198 |
| Sismo 222 | 222 | 22/06/2014 | 9:51:39 | 7.8 | 2.9 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 3.7 | 4781095 | 2026354 |
| Sismo 223 | 223 | 2/07/2014 | 17:33:12 | 43.0 | 0.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 17.1 | 4782053 | 2053439 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 224 | 224 | 5/07/2014 | 20:17:30 | 8.6 | 2.0 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 7.4 | 4770769 | 2065411 |
| Sismo 225 | 225 | 7/07/2014 | 0:41:29 | 9.2 | 1.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 8.5 | 4786282 | 2058181 |
| Sismo 226 | 226 | 24/07/2014 | 20:32:19 | 2.1 | 0.8 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 3.6 | 4760811 | 2036692 |
| Sismo 227 | 227 | 24/07/2014 | 20:32:55 | 4.2 | 1.1 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 5.3 | 4760142 | 2035919 |
| Sismo 228 | 228 | 24/07/2014 | 20:33:46 | 21.2 | 1.1 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 7.4 | 4758365 | 2035482 |
| Sismo 229 | 229 | 24/07/2014 | 18:27:03 | 4.0 | 1.4 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 6.9 | 4756716 | 2041016 |
| Sismo 230 | 230 | 12/08/2014 | 20:19:52 | 16.6 | 0.9 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 9.3 | 4750931 | 2036389 |
| Sismo 231 | 231 | 28/08/2014 | 20:07:48 | 0.0 | 0.9 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 4.8 | 4759472 | 2034373 |
| Sismo 232 | 232 | 10/09/2014 | 8:34:58 | 26.3 | 0.9 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 5.9 | 4758021 | 2031392 |
| Sismo 233 | 233 | 11/09/2014 | 10:50:57 | 14.8 | 1.0 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 10.6 | 4744806 | 2029883 |
| Sismo 234 | 234 | 12/09/2014 | 21:06:11 | 27.6 | 1.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.8 | 4770485 | 2043299 |
| Sismo 235 | 235 | 16/09/2014 | 18:38:42 | 19.5 | 1.8 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.1 | 4780939 | 2051562 |
| Sismo 236 | 236 | 21/09/2014 | 6:02:34 | 21.0 | 1.1 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.8 | 4780824 | 2050346 |
| Sismo 237 | 237 | 10/10/2014 | 12:21:36 | 15.0 | 1.3 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 12.0 | 4746686 | 2027334 |
| Sismo 238 | 238 | 11/10/2014 | 17:13:11 | 4.1 | 1.2 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 12.6 | 4755895 | 2025648 |
| Sismo 239 | 239 | 25/10/2014 | 13:11:37 | 4.1 | 1.0 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 3.6 | 4781229 | 2035420 |
| Sismo 240 | 240 | 28/10/2014 | 17:15:49 | 0.9 | 1.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 2.0 | 4757277 | 2043004 |
| Sismo 241 | 241 | 6/11/2014 | 20:25:47 | 40.1 | 1.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 11.6 | 4760735 | 2049076 |
| Sismo 242 | 242 | 9/11/2014 | 17:02:25 | 11.7 | 1.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.3 | 4787193 | 2066913 |
| Sismo 243 | 243 | 12/11/2014 | 4:50:42 | 14.9 | 1.3 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 13.7 | 4747579 | 2029100 |
| Sismo 244 | 244 | 13/11/2014 | 0:09:32 | 12.0 | 1.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 11.3 | 4746100 | 2053764 |
| Sismo 245 | 245 | 29/12/2014 | 18:03:55 | 37.7 | 2.0 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 18.9 | 4775549 | 2068493 |
| Sismo 246 | 246 | 1/01/2015 | 11:34:30 | 13.6 | 0.1 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 6.8 | 4743462 | 2025906 |
| Sismo 247 | 247 | 29/01/2015 | 23:00:38 | 31.2 | 1.2 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 4.2 | 4764212 | 2061449 |
| Sismo 248 | 248 | 29/01/2015 | 21:32:21 | 0.0 | 0.9 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 7.2 | 4761816 | 2039121 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 249 | 249 | 30/01/2015 | 16:58:08 | 13.7 | 1.3 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 4.1 | 4781243 | 2040837 |
| Sismo 250 | 250 | 8/03/2015 | 6:16:32 | 11.9 | 0.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 20.9 | 4779639 | 2063285 |
| Sismo 251 | 251 | 12/03/2015 | 21:45:26 | 12.8 | 0.8 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 13.8 | 4758464 | 2031059 |
| Sismo 252 | 252 | 12/03/2015 | 21:53:57 | 48.4 | 1.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.2 | 4743289 | 2042051 |
| Sismo 253 | 253 | 21/03/2015 | 2:15:58 | 30.0 | 0.4 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 8.2 | 4783903 | 2039393 |
| Sismo 254 | 254 | 2/04/2015 | 22:39:26 | 20.2 | 0.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 16.0 | 4756738 | 2048424 |
| Sismo 255 | 255 | 14/04/2015 | 6:42:59 | 29.0 | 1.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.9 | 4778307 | 2062957 |
| Sismo 256 | 256 | 6/06/2015 | 17:32:40 | 15.2 | 1.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.4 | 4762266 | 2041000 |
| Sismo 257 | 257 | 13/06/2015 | 9:54:29 | 17.0 | 0.5 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 7.1 | 4747935 | 2036729 |
| Sismo 258 | 258 | 15/06/2015 | 20:32:55 | 19.6 | 1.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.8 | 4741846 | 2042166 |
| Sismo 259 | 259 | 17/06/2015 | 14:59:54 | 13.6 | 1.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.5 | 4756955 | 2046654 |
| Sismo 260 | 260 | 7/07/2015 | 16:49:43 | 4.1 | 1.2 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 99.9 | 4766678 | 2070067 |
| Sismo 261 | 261 | 18/07/2015 | 0:11:15 | 31.8 | 1.3 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 2.6 | 4755350 | 2066452 |
| Sismo 262 | 262 | 8/08/2015 | 4:33:11 | 20.0 | 2.0 | TOLIMA | SAN_LUIS | Revisado | 3.1 | 4760081 | 2013695 |
| Sismo 263 | 263 | 26/08/2015 | 8:27:17 | 4.0 | 1.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.4 | 4788741 | 2065029 |
| Sismo 264 | 264 | 27/08/2015 | 0:55:02 | 2.7 | 0.8 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.2 | 4783972 | 2065484 |
| Sismo 265 | 265 | 16/09/2015 | 1:04:14 | 4.0 | 1.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.0 | 4780535 | 2066378 |
| Sismo 266 | 266 | 26/09/2015 | 14:10:57 | 4.0 | 1.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.0 | 4779991 | 2070249 |
| Sismo 267 | 267 | 2/10/2015 | 15:57:55 | 26.4 | 1.3 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 8.0 | 4758348 | 2029290 |
| Sismo 268 | 268 | 2/10/2015 | 16:14:20 | 2.9 | 1.9 | TOLIMA | SAN_LUIS | Revisado | 3.2 | 4775637 | 2018850 |
| Sismo 269 | 269 | 12/10/2015 | 3:22:30 | 4.2 | 1.4 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 5.4 | 4746029 | 2030432 |
| Sismo 270 | 270 | 18/10/2015 | 23:53:39 | 2.0 | 1.4 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 5.3 | 4757916 | 2033714 |
| Sismo 271 | 271 | 4/11/2015 | 4:14:05 | 0.4 | 2.3 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.2 | 4786729 | 2059396 |
| Sismo 272 | 272 | 12/11/2015 | 0:35:58 | 3.4 | 1.5 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 6.0 | 4771432 | 2064193 |
| Sismo 273 | 273 | 7/12/2015 | 1:37:48 | 6.5 | 2.8 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.4 | 4782297 | 2061398 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|-------------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 274 | 274 | 3/01/2016 | 8:34:50 | 26.4 | 1.0 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 8.9 | 4768810 | 2039433 |
| Sismo 275 | 275 | 4/01/2016 | 7:12:20 | 4.0 | 0.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 8.1 | 4783744 | 2063274 |
| Sismo 276 | 276 | 16/01/2016 | 12:05:48 | 4.0 | 1.0 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 4.7 | 4769564 | 2070611 |
| Sismo 277 | 277 | 21/01/2016 | 7:12:50 | 4.0 | 1.3 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 9.0 | 4745388 | 2038617 |
| Sismo 278 | 278 | 14/02/2016 | 7:24:29 | 0.7 | 1.6 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.1 | 4787301 | 2065918 |
| Sismo 279 | 279 | 26/02/2016 | 18:41:04 | 7.6 | 1.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.6 | 4776728 | 2053785 |
| Sismo 280 | 280 | 27/02/2016 | 17:53:07 | 4.0 | 2.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.0 | 4743430 | 2051671 |
| Sismo 281 | 281 | 28/04/2016 | 10:41:01 | 13.8 | 1.5 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 4.0 | 4749444 | 2021244 |
| Sismo 282 | 282 | 10/05/2016 | 17:47:28 | 19.5 | 1.4 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 6.8 | 4772917 | 2039975 |
| Sismo 283 | 283 | 27/05/2016 | 3:22:19 | 6.3 | 1.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.9 | 4774717 | 2048704 |
| Sismo 284 | 284 | 23/06/2016 | 2:08:55 | 4.0 | 1.4 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 4.9 | 4756346 | 2028190 |
| Sismo 285 | 285 | 29/06/2016 | 15:14:08 | 0.0 | 2.3 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 7.0 | 4759070 | 2048859 |
| Sismo 286 | 286 | 4/07/2016 | 11:41:42 | 16.9 | 1.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 2.0 | 4752071 | 2046337 |
| Sismo 287 | 287 | 12/07/2016 | 3:42:55 | 18.7 | 0.9 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 3.6 | 4764374 | 2040773 |
| Sismo 288 | 288 | 15/07/2016 | 4:23:27 | 4.0 | 1.3 | TOLIMA | VALLE_DE_SAN_JUAN | Revisado | 3.2 | 4772128 | 2035223 |
| Sismo 289 | 289 | 16/08/2016 | 18:09:29 | 10.3 | 1.6 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.9 | 4754845 | 2046439 |
| Sismo 290 | 290 | 7/10/2016 | 20:34:38 | 5.8 | 3.6 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 0.0 | 4756892 | 2062577 |
| Sismo 291 | 291 | 16/11/2016 | 10:46:20 | 4.0 | 1.1 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 6.0 | 4750592 | 2034289 |
| Sismo 292 | 292 | 21/11/2016 | 15:06:10 | 17.7 | 1.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.7 | 4776835 | 2052237 |
| Sismo 293 | 293 | 12/12/2016 | 9:59:05 | 32.8 | 0.6 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 9.2 | 4759458 | 2067324 |
| Sismo 294 | 294 | 15/12/2016 | 6:49:35 | 20.1 | 0.8 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.2 | 4745396 | 2041492 |
| Sismo 295 | 295 | 13/01/2017 | 2:55:59 | 4.0 | 1.5 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 6.5 | 4784517 | 2061834 |
| Sismo 296 | 296 | 11/02/2017 | 6:55:07 | 9.6 | 2.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 4.6 | 4780419 | 2064610 |
| Sismo 297 | 297 | 17/02/2017 | 11:44:50 | 18.0 | 1.3 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.1 | 4754497 | 2041243 |
| Sismo 298 | 298 | 19/02/2017 | 2:18:35 | 0.5 | 1.9 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 4.6 | 4774699 | 2042181 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA_UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 299 | 299 | 22/02/2017 | 18:36:44 | 4.0 | 1.7 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 4.0 | 4773204 | 2063192 |
| Sismo 300 | 300 | 5/03/2017 | 12:30:42 | 32.0 | 1.1 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 6.7 | 4767328 | 2064868 |
| Sismo 301 | 301 | 6/04/2017 | 12:00:38 | 23.6 | 1.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.2 | 4752619 | 2044234 |
| Sismo 302 | 302 | 7/04/2017 | 15:23:41 | 21.2 | 1.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 8.5 | 4757395 | 2045326 |
| Sismo 303 | 303 | 9/04/2017 | 5:24:07 | 2.6 | 1.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.1 | 4754503 | 2043234 |
| Sismo 304 | 304 | 9/04/2017 | 6:34:47 | 2.0 | 1.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 5.3 | 4756056 | 2043008 |
| Sismo 305 | 305 | 12/04/2017 | 12:29:24 | 30.9 | 0.9 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 7.8 | 4780434 | 2069695 |
| Sismo 306 | 306 | 18/04/2017 | 12:17:28 | 4.0 | 2.2 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 4.4 | 4771311 | 2060987 |
| Sismo 307 | 307 | 22/05/2017 | 8:54:48 | 2.1 | 2.6 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 4.3 | 4739704 | 2031446 |
| Sismo 308 | 308 | 22/05/2017 | 12:20:27 | 12.0 | 1.4 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 5.8 | 4743594 | 2032872 |
| Sismo 309 | 309 | 2/06/2017 | 13:44:54 | 7.1 | 1.8 | TOLIMA | COELLO | Revisado | 8.5 | 4775126 | 2035657 |
| Sismo 310 | 310 | 13/06/2017 | 3:31:27 | 3.4 | 2.2 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 5.3 | 4743038 | 2032431 |
| Sismo 311 | 311 | 3/08/2017 | 1:10:47 | 4.0 | 1.3 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 7.2 | 4748933 | 2036394 |
| Sismo 312 | 312 | 9/08/2017 | 19:29:15 | 55.8 | 1.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 12.6 | 4749645 | 2051542 |
| Sismo 313 | 313 | 17/08/2017 | 18:08:09 | 12.0 | 0.8 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 9.6 | 4746094 | 2051663 |
| Sismo 314 | 314 | 21/08/2017 | 1:16:47 | 4.1 | 1.3 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 3.0 | 4766602 | 2043641 |
| Sismo 315 | 315 | 22/08/2017 | 11:45:48 | 18.9 | 1.5 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.1 | 4757861 | 2052733 |
| Sismo 316 | 316 | 28/08/2017 | 4:50:29 | 165.0 | 1.7 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 6.1 | 4742329 | 2054440 |
| Sismo 317 | 317 | 28/08/2017 | 10:26:43 | 26.7 | 1.2 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 6.7 | 4750065 | 2043800 |
| Sismo 318 | 318 | 12/09/2017 | 1:28:34 | 16.7 | 1.2 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.2 | 4775491 | 2047597 |
| Sismo 319 | 319 | 20/09/2017 | 5:18:32 | 4.9 | 0.7 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 5.7 | 4782420 | 2065820 |
| Sismo 320 | 320 | 6/10/2017 | 22:25:00 | 3.7 | 1.0 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 3.7 | 4777325 | 2069041 |
| Sismo 321 | 321 | 21/10/2017 | 22:21:44 | 32.1 | 1.1 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 4.4 | 4762869 | 2057583 |
| Sismo 322 | 322 | 9/11/2017 | 6:28:47 | 12.3 | 1.4 | TOLIMA | ALVARADO | Revisado | 7.6 | 4775834 | 2051465 |
| Sismo 323 | 323 | 9/11/2017 | 9:49:51 | 2.0 | 1.9 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.9 | 4770058 | 2049270 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Sismo_ID | ID_1 | FECHA | HORA.UTC | PROFUND_km | MAGNI_MI | DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | ESTADO | ERROR_PROF | Este | Norte |
|-----------|------|------------|----------|------------|----------|--------------|------------|----------|------------|---------|---------|
| Sismo 324 | 324 | 19/11/2017 | 18:03:32 | 0.6 | 1.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 7.1 | 4744843 | 2041936 |
| Sismo 325 | 325 | 30/11/2017 | 1:18:28 | 2.9 | 2.4 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 5.0 | 4765779 | 2066310 |
| Sismo 326 | 326 | 12/12/2017 | 7:26:18 | 0.0 | 1.1 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 3.3 | 4766815 | 2040434 |
| Sismo 327 | 327 | 19/12/2017 | 7:59:38 | 0.1 | 0.5 | TOLIMA | ROVIRA | Revisado | 1.8 | 4746815 | 2033305 |
| Sismo 328 | 328 | 22/12/2017 | 4:33:21 | 19.7 | 1.0 | TOLIMA | IBAGUE | Revisado | 4.1 | 4750393 | 2042030 |
| Sismo 329 | 329 | 7/01/2018 | 11:34:10 | 4.1 | 1.0 | TOLIMA | ANZOATEGUI | Revisado | 2.6 | 4769675 | 2070611 |

Fuente: SGC, 2021

Dentro del buffer de 25 km, alrededor del área de influencia Físico-Biótica, se presentaron sismos en la zona rural de los municipios de Ibagué, Anzoátegui, Rovira, Alvarado, Coello, entre otros. La distribución de los sismos dentro del área de influencia Físico-Biótica se presenta en la **Figura 5.1-44** .

Ibagué y Piedras (Tolima)

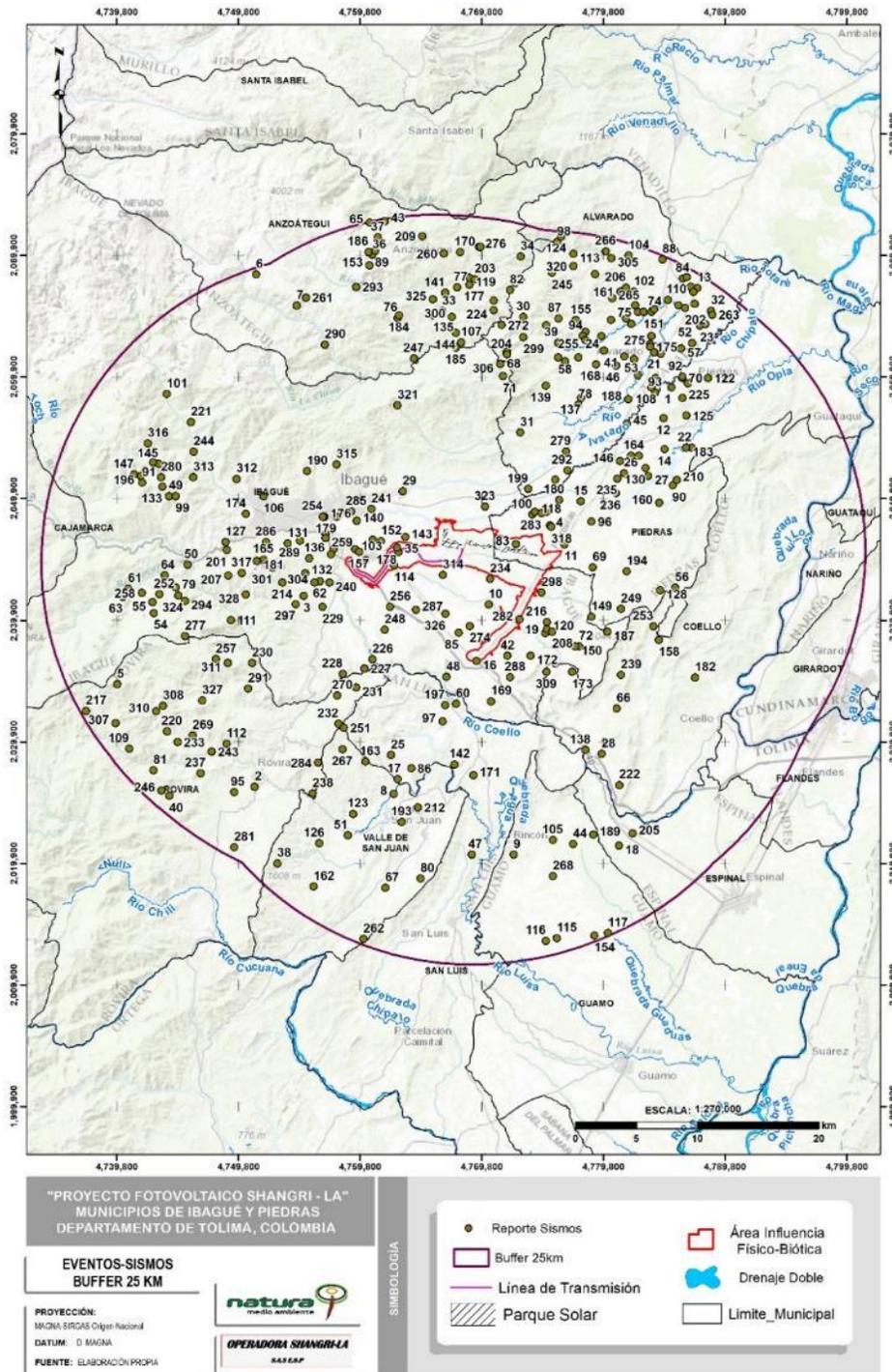


Figura 5.1-44 Distribución de los sismos registrados en un buffer de 25 Km alrededor del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: SGC, 2021; OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

En términos generales, ninguno de los sismos reportados dentro del buffer de 25 km por la Red Sismológica Nacional de Colombia, para el periodo 1993 a 2021, ha superado los 5 grados de magnitud, lo que clasifica a dichos eventos como de baja magnitud (Figura 5.1-45).

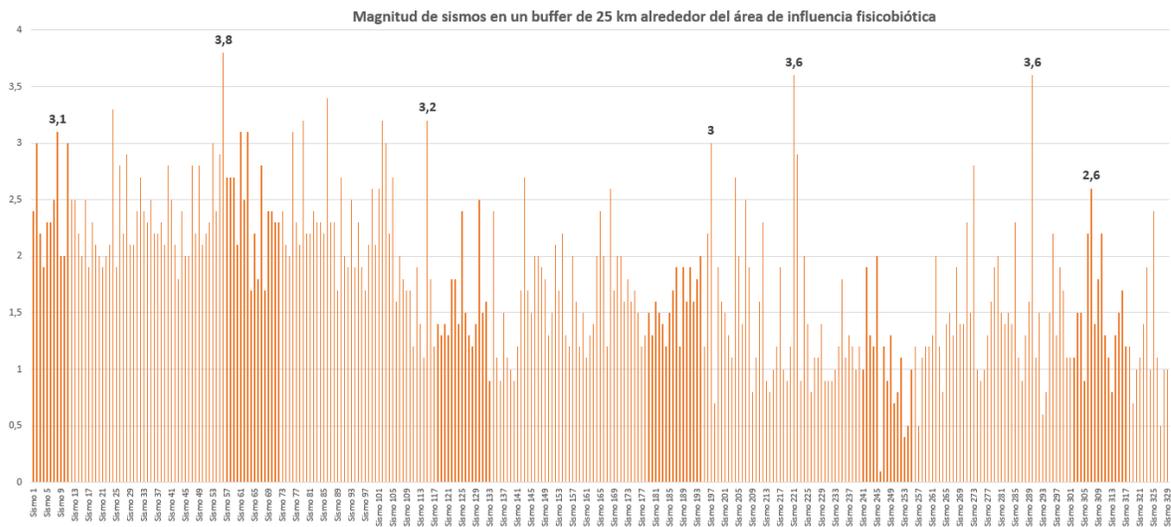


Figura 5.1-45 Magnitud de los sismos en un buffer de 25 km alrededor del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El sismo más fuerte reportado fue 3,8 grados de magnitud, ocurrido el 28 de abril de 2004, en el municipio de Coello. Este sismo es denominado en la nomenclatura como sismo 56.

Dentro del área de influencia Físico-Biótica del presente proyecto, se registraron 4 sismos, denominados Sismo 35, Sismo 114, Sismo 178 y Sismo 83. La magnitud máxima de estos sismos fue de 2,5 grados (Sismo 35) y la mínima fue de 1,1 (Sismo 114). En este sentido, ninguno de los sismos ocasiono algún daño en infraestructura o población civil.

Ninguno de los sismos registrados superó los 200 km de profundidad. Esto clasifica a los sismos registrados como de profundidad moderadamente superficial (**Figura 5.1-46**).

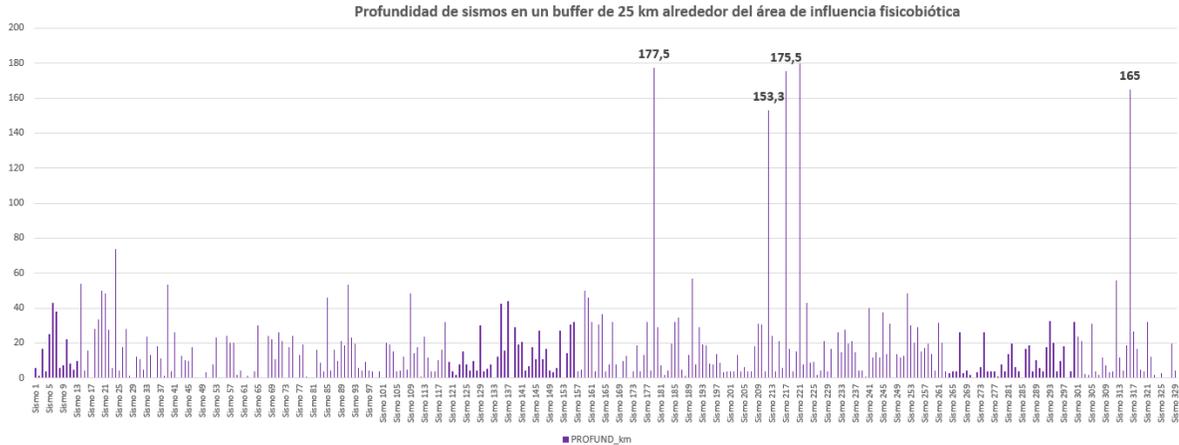


Figura 5.1-46 Profundidad de los sismos en un buffer de 25 km alrededor del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Con los resultados anteriores, se puede concluir que el área posee una aceleración Intermedia, por ende, posiblemente, según esta información, los sismos en algunas circunstancias podrían alcanzar aceleraciones de A_a 0.25 y A_v 0.20, lo cual los define como potencialmente dañinos. No obstante, se puede apreciar que, de igual forma, ha habido una liberación constante de energía a través de sismos de menor magnitud (<3), es por ello, que también se puede inferir que, la liberación constante de energía ayuda a que esta no sea generada súbitamente, causando sismos de mayor magnitud. Empero, es importante recordar que, por ser un área con amenaza intermedia, en esta liberación se pueden alcanzar altas aceleraciones, ya que probablemente es un área con un comportamiento sísmico con moderadas aceleraciones.

5.1.3.1.2 Paleosismología de la Falla de Ibagué

La Falla de Ibagué presenta rasgos contundentes de actividad neotectónica asociados con su trazo, los cuales la definen como una estructura potencialmente productora de

grandes sismos. En el campo cercano existen importantes centros poblados del país con cerca de 13 millones de habitantes (Ibagué, Bogotá, Armenia, Pereira y Manizales son los más importantes). Por esta razón, el panorama de la amenaza sísmica asociada a esta estructura es evaluado por medio de una combinación de diferentes técnicas para conocer su verdadero potencial sismogénico. Las disciplinas de la neotectónica, como la morfotectónica y la paleo-sismología, son imprescindibles para ampliar el tiempo de observación y para determinar el grado de actividad sísmica derivada de una estructura geológica. La morfotectónica estudia las geoformas creadas por las fallas activas, particularmente las fallas sismogénicas; la paleosismología integra estudios geomorfológicos y estratigráficos por medio de la correlación de las geoformas y los procesos de su formación asociadas a las fallas activas y su correspondiente ambiente deposicional (McCalpin, 1996). Con base en la importancia manifiesta de la Falla de Ibagué en el esquema actual de actividad sísmica del país y en la incertidumbre de la evaluación de su potencial, se proyectó un estudio completo de cartografía y caracterización sismotectónica y se programó, en el estado final, la apertura de una trinchera de exploración paleosismológica que permitiera determinar los parámetros sísmicos en una localidad de la falla (INGEOMINAS, 2008).

El estudio morfotectónico de la Falla de Ibagué, realizado con fotografías aéreas multitemporales a diferentes escalas, destaca los principales rasgos de actividad neotectónica desarrollados sobre el Abanico de Ibagué. Este es un depósito y rasgo geomorfológico de gran extensión que mide en su eje longitudinal 35 km, aproximadamente; está constituido por intercalaciones de estratos de origen volcánico provenientes del nevado del Tolima y fluvio-volcánico predominantemente de grano muy grueso. Estos depósitos rellenan una cuenca tectónica, la cual sería el resultado de la actividad de la Falla de Ibagué. Un mapa de isópacas realizado por Marquínez (2001) muestra que, a lo largo de la Falla de Ibagué, el espesor del abanico aumenta hacia el este. El trayecto de la falla, a lo largo del Abanico de Ibagué, se muestra regionalmente como un solo trazo, pero en la fase de campo e interpretación de fotos aéreas, se observaron numerosos y variados rasgos morfotectónicos característicos de fallamiento transcurrente (Montes et ál, 2005), como lomos de presión lineales, lagos de falla, lomos

desplazados, drenajes desplazados, trincheras de falla y escarpes de falla, entre otros. A escala meso la traza de la falla se caracteriza por presentar un arreglo de cizallas tipo Riedel sintéticos, destrales y en echelon con saltos a la izquierda. Esta geometría favorece la formación de alrededor de 30 lomos de presión de diferentes tamaños, que oscilan entre 60 m y 1.480 m en su eje mayor, como ha sido demostrado en ensayos de laboratorio donde la forma y el tamaño de los lomos de presión depende de la dimensión del espaciamiento de los saltos de las fallas. La variedad en el tamaño de los lomos también puede estar relacionada con la diferencia de espesor del abanico, el cual aumenta hacia el este al igual que las dimensiones de los lomos de presión (INGEOMINAS, 2008).

La tasa promedio de actividad calculada para la Falla de Ibagué es de 0,77 mm/año. Si se considera esta tasa de actividad a una velocidad constante y con referencia al desplazamiento de 25 km del bloque norte de la estructura, se encuentra que la falla empezó a actuar hace alrededor de 32 millones de años, tiempo que representaría la edad máxima para esta estructura. Sin embargo, si se considera que la velocidad no ha sido constante y se asumen tasas mayores de desplazamiento (como se evidencia en algunos de los eventos observados en la trinchera), se encuentra que la falla comenzó a actuar en tiempos más recientes. Los eventos regionales que pudieron haber producido y acelerado el desarrollo de la estructura se relacionan con: la deformación y el levantamiento de la cordillera Central entre el Eoceno y Oligoceno (Schammel, 1991); la ruptura y la división de la placa Farallón en las placas de Nazca y Cocos, lo que incrementó la velocidad de convergencia entre las placas de Nazca y Suramérica, en el Oligoceno tardío a 27 Ma (Mattson, 1984); la acreción del bloque Chocó en el Mioceno medio (Duque-Caro, 1990); y la colisión del ridge de Carnegie hace aproximadamente 8 Ma (Daly, 1989), por consiguiente, es probable que la Falla de Ibagué haya comenzado a actuar desde el Oligoceno (INGEOMINAS, 2008).

Los valores obtenidos en el presente estudio tienen fuertes implicaciones en el valor de la amenaza sísmica regional, pues el Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia de AIS et ál. (1998) estima, para el área de Ibagué, una amenaza sísmica intermedia a partir de

datos sismológicos, cuya magnitud máxima calculada a partir del método Gutenberg-Richter es 4,3 y la profundidad media, de 31,09 km. Esos valores están por debajo del promedio obtenido en el trabajo del INGEOMINAS, 2008, donde la magnitud máxima para el sismo característico es $7,0 \pm 0,1$ Ms, la tasa de desplazamiento promedio de 0,77 a 3,8 mm/año y un periodo de retorno máximo de aproximadamente 1.300 años, valores comparables con los obtenidos en diferentes partes del mundo para fallas rápidas y altamente peligrosas, donde se considera muy alta la amenaza sísmica. La profundidad de la fuente sísmica estaría relacionada con la presencia del basamento, el cual es muy superficial bajo el Abanico de Ibagué; por tanto, se esperarían sismos superficiales, como lo confirma la existencia de estructuras de licuación observadas en la trinchera Los Gomos (INGEOMINAS, 2008).

En este sentido si bien la NSR (2010), establece un nivel de amenaza sísmica intermedia para el área de estudio, es importante considerar que la paleosismología, muestra niveles de amenaza un poco más altos.

5.1.3.2 Amenaza inundaciones

La metodología empleada para determinar el acotamiento de la ronda hídrica de los drenajes en el AI se realizó con los lineamientos de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, de la ANLA y la Resolución 0957 del 31 de mayo de 2018 que da alcance a lo establecido en el Decreto 2245 de 2017.

La ronda hídrica comprende la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho. Asimismo, hace parte de la ronda hídrica el área de protección o conservación aferente. Tanto para la faja paralela como para el área de protección o conservación aferente se establecerán directrices de manejo ambiental, conforme a lo dispuesto en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia.

La ronda hídrica se acota desde el punto de vista funcional y su límite se traza a partir de la línea del cauce permanente de ríos y lagos, considerando los siguientes criterios técnicos: geomorfológico, ecosistémico e hidrológico.

En la Figura 5.1-47 y Figura 5.1-48 se representan los criterios antes mencionados en un esquema ilustrativo.

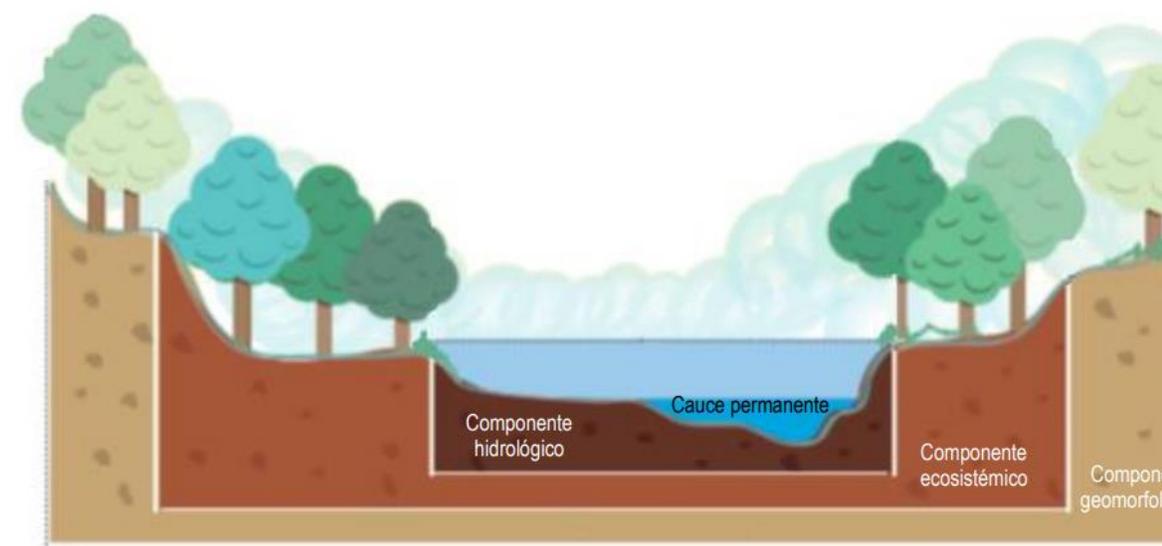


Figura 5.1-47 Componentes físico-bióticos usados para definir el límite físico de la ronda hídrica en sistemas lóticos

Fuente: Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (2018)

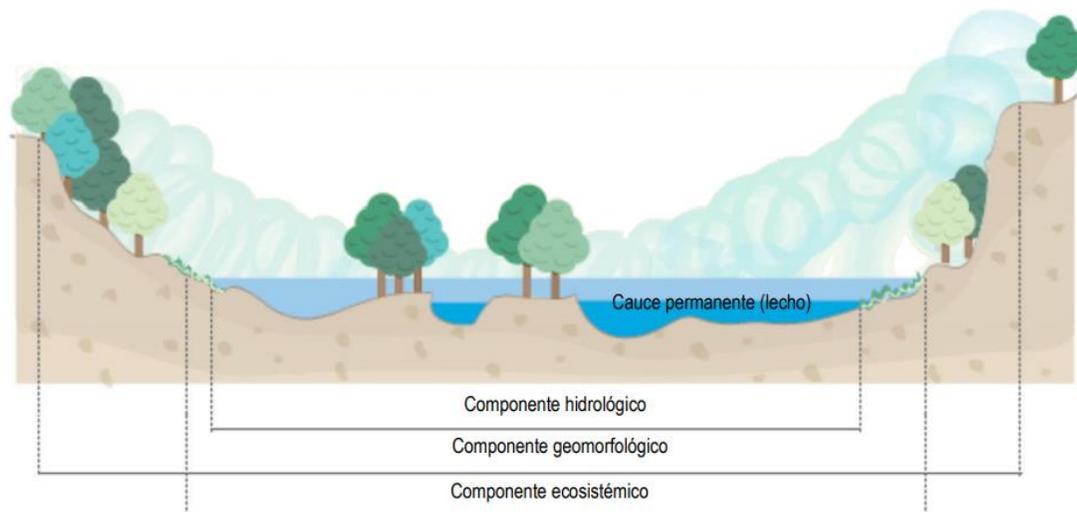


Figura 5.1-48 Componentes físico-bióticos usados para definir el límite físico de la ronda hídrica en sistemas lénticos

Fuente: tomado de Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (2018) por H&J INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS, 2021.

5.1.3.2.1 Criterios geomorfológicos

Se tomaron las unidades geomorfológicas delimitadas en el presente AI y se definió la susceptibilidad a la inundación que tiene cada una de estas. En la Tabla 5.1-6, se presenta la clasificación establecida.

Tabla 5.1-6 Susceptibilidad a la inundación de las unidades geomorfológicas del AI físico-biótico

| UNIDAD GEOMORFOLÓGICA | SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN (ha) | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| | Baja | Moderada | Muy Alta | Muy Baja |
| Cantera | | | | 12,138 |
| Embalses y/o jagüeyes | | | 83,65 | |
| Lahar | 4021,315 | | | |
| Superficie de explanación | | | | 24,03 |
| Vallecito | | 816,437 | | |

Fuente: Natura Medio Ambiente, 2021

5.1.3.2.1.1 Criterios ecosistémicos

Se tomaron las coberturas de la tierra delimitadas en el presente AI y se definió la susceptibilidad a la inundación que tiene cada una de estas. En la Tabla 5.1-7, se presenta la clasificación establecida y el área que representa cada una.

Tabla 5.1-7 Susceptibilidad a la inundación de las coberturas de la tierra del AI físico-biótico

| COBERTURA | SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN (ha) | | | | |
|--|--------------------------------------|---------|----------|----------|----------|
| | Alta | Baja | Moderada | Muy Alta | Muy Baja |
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | | | | | 50,255 |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | | | | | 20,895 |
| 1.2.1.1. Zonas industriales | | | | | 24,03 |
| 1.2.2.1. Red vial y territorios asociados | | | | | 65,583 |
| 1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada | | | | | 8,379 |
| 1.3.1.1. Otras explotaciones mineras | | | | | 10,575 |
| 1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción | | | | | 1,563 |
| 1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas | | | | | 1,999 |
| 1.4.1.2. Parques cementerio | | | | | 0,758 |
| 1.4.2.2. Áreas deportivas | | | | | 1,695 |
| 2.1.2.1. Arroz | | | 2272,105 | | |
| 2.1.2.2. Maíz | | 0,263 | | | |
| 2.2.1.2. Caña | | 382,529 | | | |
| 2.3.1. Pastos limpios | | 654,676 | | | |
| 2.3.2. Pastos arbolados | | 216,708 | | | |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | | 105,896 | | | |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | | | | 796,184 | |
| 3.1.5. Plantación forestal | | 3,063 | | | |
| 3.2.2.1. Arbustal denso | | | 5,601 | | |
| 3.2.3.1. Vegetación Secundaria Alta | | | 106,054 | | |
| 3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja | | | 120,02 | | |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | | 5,734 | | | |
| 4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | 2,851 | | | | |
| 5.1.4. Cuerpos de agua artificiales | 83,65 | | | | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3.2.1.2 Criterios hidrológicos

Para el criterio hidrológico se tomaron franjas de 30 m a lado y lado de los drenajes y se tomaron los polígonos de los jagüeyes existentes en el AI, teniendo en cuenta que en general están conectados con la red de drenaje.

5.1.3.2.1.2.1 Resultados de la delimitación de rondas hídricas

La delimitación de las rondas hídricas se hizo con el cruce espacial de los tres criterios antes desarrollados. Se toma el criterio de mayor valor en cada cruce y así se define la susceptibilidad a la inundación del AI Físico-Biótica. En la Figura 5.1-49 se presentan los resultados obtenidos.

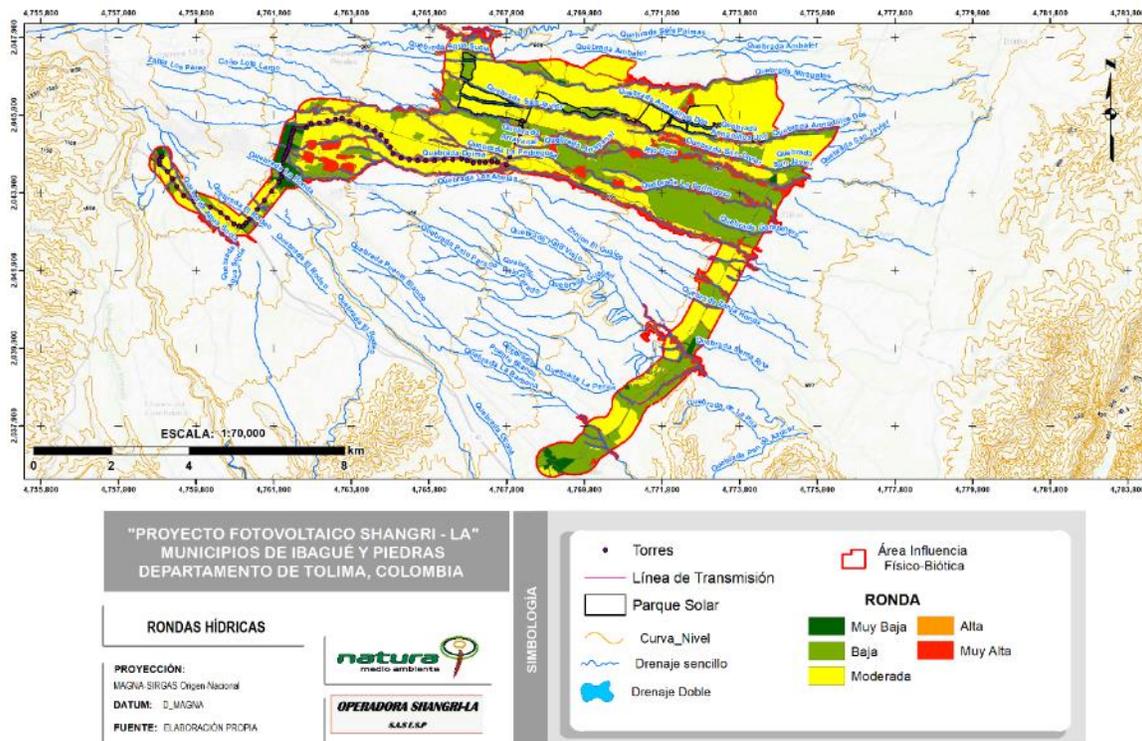


Figura 5.1-49 Rondas hídricas en el AI Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Tabla 5.1-8 y Figura 5.1-50 se presenta la clasificación de susceptibilidad a la inundación encontrada.

Tabla 5.1-8 Susceptibilidad a la inundación del AI físico-biótico

| SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN | SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN (ha) | PROPORCIÓN AI (%) |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Alta | 5,081 | 0,10 |
| Baja | 1308,64 | 26,40 |
| Moderada | 2390,012 | 48,21 |
| Muy Alta | 1086,943 | 21,92 |
| Muy Baja | 166,894 | 3,37 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Se encontró que la susceptibilidad a la inundación más representativa es la moderada, con más del 48 % del AI, seguida por una susceptibilidad baja de cerca del 26 %, y el rango muy alta tiene poco menos del 22 %. En unas proporciones muy pequeñas se tiene la susceptibilidad alta con 0.1 % y la susceptibilidad muy baja con 3.37 %.

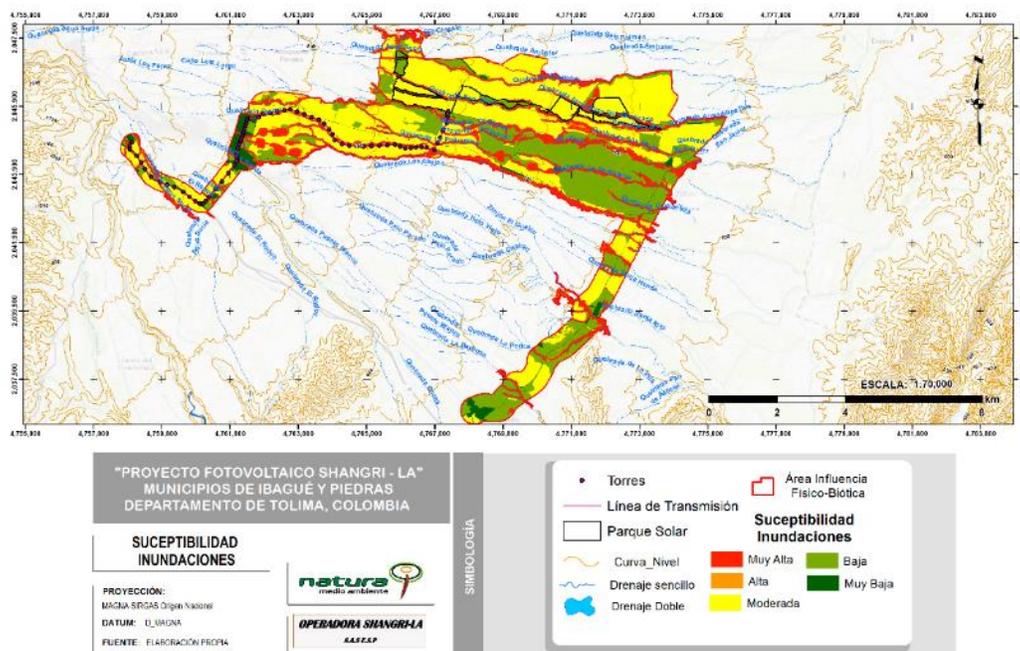


Figura 5.1-50 Susceptibilidad por inundaciones para el área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Para la susceptibilidad a inundación por pendientes del terreno se encuentran pendientes entre 0-25% (Tabla 5.1-9).

Tabla 5.1-9 Susceptibilidad a inundación por pendientes del terreno

| PENDIENTE % | SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACION |
|-----------------|------------------------------|
| 0 – 1% | 5 |
| 1-3% | 4 |
| 3-7% | 4 |
| 7-12% | 3 |
| 12-25% | 3 |
| 25-50% | 2 |
| 50-75% | 2 |
| 75-100% | 1 |
| Superior a 100% | 1 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Se definió como factor detonante de las inundaciones a la precipitación, la razón es que su ocurrencia siempre está asociada al incremento de los caudales superficiales de las fuentes de agua y la posibilidad de desbordamiento de los cauces, trayendo como consecuencia dicho fenómeno natural. Para la susceptibilidad a inundación por precipitación se encuentran entre 1000 a 2500 mm/año con una susceptibilidad a la inundación moderada (3), teniendo en cuenta características del régimen de lluvias monomodal, que presenta una temporada invernal larga y sostenida, potenciando la probabilidad de que el nivel de los cauces de los ríos aumente (**Tabla 5.1-10**).

Tabla 5.1-10 Susceptibilidad a inundación por precipitación

| PRECIPITACION | SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACION |
|--------------------|------------------------------|
| 1000 – 2500 mm/año | 3 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La amenaza por inundación en la zona de estudio se definió por una ponderación de las tres variables geoambientales, así:

$$AI = (SG * 0,34) + (SP * 0,33) + (FP * 0,33)$$

Dónde:

AI= Amenaza por inundación.

SG= Susceptibilidad a inundación por geomorfología.

SP= Susceptibilidad a inundación por pendiente.

FP= Susceptibilidad a inundación por precipitación.

En la **Tabla 5.1-11**, se presenta la escala de valores de amenaza de inundación aplicables a las áreas de estudio.

Tabla 5.1-11 Valores de amenaza de inundación para las áreas de estudio

| AMENAZA DE INUNDACION | CALIFICACION |
|-----------------------|--------------|
| Muy Baja | 0,0 a 1,0 |
| Baja | 1,1 a 2,0 |
| Media | 2,1 a 3,0 |
| Alta | 3,1 a 4,0 |
| Muy Alta | 4,1 a 5,0 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La zona de estudio presenta tres zonas de amenaza por inundaciones: Alta, Media y Baja (**Figura 5.1-51**).

La **Tabla 5.1-12**, muestra el porcentaje de área ocupada por cada nivel de amenaza dentro del área de influencia Físico-Biótica. En términos de representatividad la amenaza Media, es la más importante dentro de esta zona.

Tabla 5.1-12 Amenaza por inundación para el área de influencia Físico-Biótica

| AMENAZA POR INUNDACIÓN | AREA_HA | %ÁREA |
|------------------------|---------|-------|
| Amenaza Alta | 1091,94 | 22,03 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| AMENAZA POR INUNDACIÓN | AREA_HA | %ÁREA |
|------------------------|----------------|---------------|
| Amenaza Media | 2389,35 | 48,21 |
| Amenaza Baja | 1475,10 | 29,76 |
| TOTAL | 4956,39 | 100,00 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

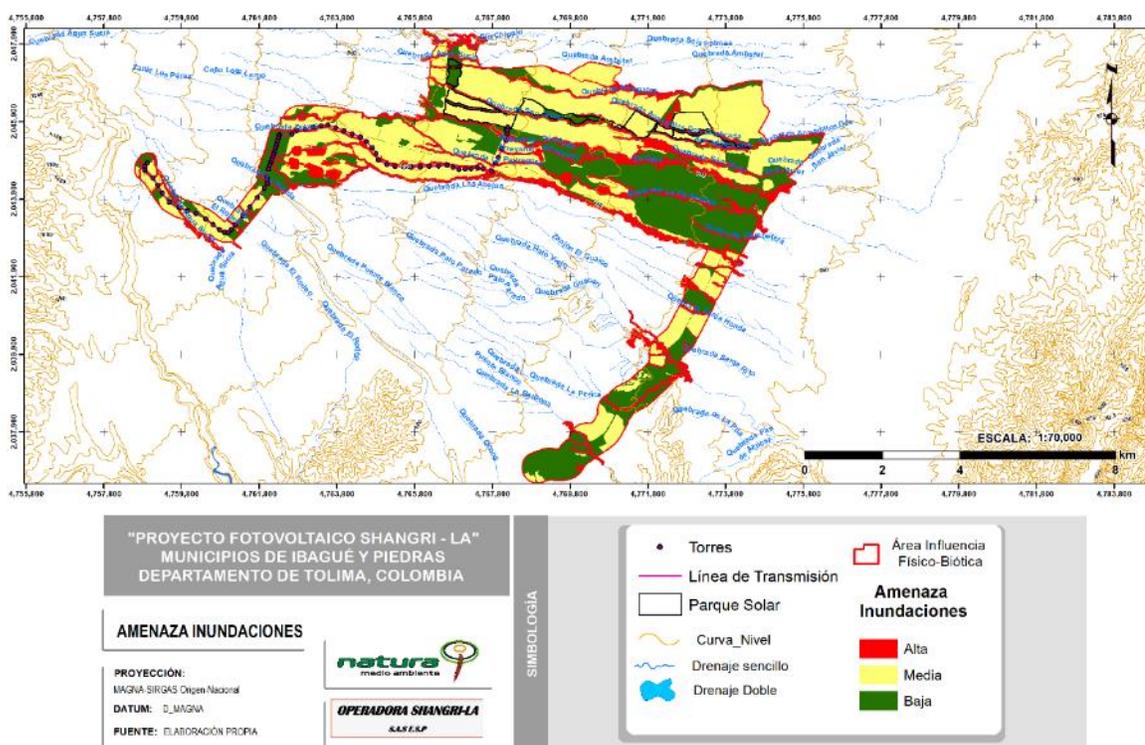


Figura 5.1-51 Amenaza por inundación para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3.3 Amenaza por remoción en masa

Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que medie transporte alguno, siendo necesaria que las fuerzas estabilizadoras sean superadas por las desestabilizadoras. Este tipo de procesos gravitatorios se interrelacionan mutuamente con las precipitaciones altas, de tal forma que las lluvias torrenciales son detonantes de

los movimientos en masa, ya que aumentan las fuerzas desestabilizadoras; en este caso el peso de los materiales que conforman el talud y reducen la cohesión de los materiales que conforman el suelo e incrementando la presión de poros de los fluidos intersticiales (Tragsa & Tragsatec, 1974).

En el grupo de los desastres naturales, los deslizamientos son la séptima causa de decesos, después de las sequías, los volcanes, las inundaciones, las tormentas, los terremotos y temperaturas extremas. El aumento en la intensidad y la recurrencia de las lluvias, junto con el crecimiento de la población, incrementan de forma alarmante las muertes relacionadas con los deslizamientos y avalanchas. No obstante, también son factores que promueven la detonación del problema los referentes al tipo de material del suelo y sustrato rocoso, el grado de erodabilidad de terreno, las pendientes y la geometría de las formas del relieve, el tipo y distribución de la cobertura vegetal, las precipitaciones intensas, los eventos telúricos y la conjunción de suelos saturados por lluvia y la manifestación de una ocurrencia sísmica (Cardona, 2003).

El mapa de amenaza por remoción en masa para el área de estudio fue elaborado mediante un trabajo continuo entre oficina y labores de verificación campo. El trabajo de oficina se relacionó con la búsqueda de información disponible en el Servicio Geológico Colombiano, de acuerdo con el mapa de amenaza por remoción en masa a escala 1:100.000, elaborado en el año 2016 para el departamento del Tolima. Por su parte, el trabajo de campo consistió en el levantamiento de información correspondiente a los movimientos en masa actuales dentro del área de estudio, acompañado de un análisis de imágenes satelitales disponibles en Google Earth y la imagen satelital adquirida para la realización del proyecto. El mapa del Servicio Geológico Colombiano para el departamento del Tolima muestra un nivel de amenaza media y baja por movimientos en masa para el área de estudio. La zona de amenaza media corresponde a zonas con laderas inestables y áreas con inestabilidad acentuada por procesos erosivos, con fuerte intervención antrópica; se encuentra asociada con medianas pendientes (superiores al 12%). Por su parte, las zonas con amenaza baja corresponden a zonas con ladera sin evidencia de inestabilidad actual y áreas de laderas con baja inestabilidad generada por procesos erosivos de baja inestabilidad.

Este primer mapa, muestra una perspectiva muy general del área de estudio, en relación con el nivel de amenaza por remoción en masa, debido a que este mapa se encuentra a una escala muy grande (1:100.000) y en ocasiones no muestra las condiciones reales del área. Sin embargo, es un gran avance para conocer de forma inicial, la estabilidad del área de estudio, en relación con la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

Con el fin de elaborar un mapa de amenaza por remoción en masa más acorde a las condiciones geo ambientales de la zona del proyecto, fue utilizada la "Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000", elaborado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) en el año 2017. En esta guía se propone una metodología para la elaboración del mapa de amenaza por remoción en masa de una zona determinada, de acuerdo con una caracterización geo ambiental que reúne información referente a inventario de procesos morfodinámicos (movimientos en masa, erosión superficial), factores condicionantes (geología, geomorfología y cobertura de tierra), así como factores detonantes como la lluvia y el sismo.

Según dicha guía para el análisis y zonificación de la amenaza por remoción en masa es necesario partir del conocimiento de las características geoambientales que determinan o pueden determinar la ocurrencia de un movimiento en masa en una región o área de estudio. En esta etapa se hizo el levantamiento y consecución de la información temática y los datos de entrada requeridos para obtener la zonificación de susceptibilidad y amenaza (geología, geomorfología, cobertura de la tierra y uso del suelo, clima y sismicidad). En esta etapa posterior se adelantaron las actividades de recopilación de información, interpretación visual de imágenes y trabajo de campo que permitieron conocer las particularidades de la zona de estudio y generar las hipótesis para los mecanismos identificados en relación con los factores que condicionan su ocurrencia. El insumo principal para la zonificación de amenaza lo constituye el denominado inventario de procesos, el cual es la representación gráfica de los mecanismos de falla y magnitud de los movimientos en masa existentes y su distribución; la erosión superficial y rasgos

indicativos del posible origen de un movimiento en masa fueron también incluidos en este inventario.

Los factores causales de la ocurrencia de un movimiento en masa, estos se dividen en condicionantes y detonantes, de manera que agrupan la mayoría de los que se han utilizado en trabajos de zonificación de amenaza. Diferentes autores han publicado revisiones dirigidas a establecer los factores o combinación de factores y su relevancia en la ocurrencia de movimientos en masa de determinados mecanismos (Varnes, 1984; Dikau et al., 1996; Turner & Schuster, 1996; Popescu, 2002; van Westen et al., 2008). Se debe tener presente que el tipo e importancia de cada factor considerado para explicar la posible ocurrencia de un movimiento en masa depende del marco geoambiental (condiciones climáticas, relieve, marco geológico, evolución geomorfológica y procesos) en el que se desarrolle la zonificación y puede diferir sustancialmente de un área a otra debido a diferentes condiciones del terreno (Corominas et al., 2013); por lo tanto no es posible establecer reglas estrictas sobre el tipo de dato a ser usado, y la selección de los mismos se debe hacer con base en el conocimiento integral del área de estudio. Los factores condicionantes están representados en las temáticas de geología, geomorfología y cobertura de la tierra y uso del suelo, y configuran la predisposición del terreno a la ocurrencia de movimientos en masa, considerándose intrínsecos o inherentes al área de estudio dado que prácticamente no varían en el tiempo. Debido a la complejidad en el análisis y poca disponibilidad de información relacionada con la actividad antrópica y su variación temporal, se ha incluido la temática de cobertura de la tierra y uso del suelo como un factor condicionante de inestabilidad y no como un detonante. Factores tales como origen de los materiales, litología, pendiente, meteorización, morfología, vegetación, uso del suelo, entre otros, y su relación con la ocurrencia de movimientos en masa, son obtenidos a partir de la cartografía de unidades geológicas superficiales (UGS), subunidades geomorfológicas y de cobertura de la tierra y usos del suelo (SGC, 2017).

Los factores naturales que modifican las condiciones de estabilidad y se consideran los detonantes más comunes son la lluvia y el sismo (Turner & Schuster, 1996). Estos tienen

regularmente una frecuencia de ocurrencia que permite incluir el componente temporal en el análisis de amenaza, junto con la definición de escenarios de análisis. En este caso se proponen, de acuerdo con la disponibilidad de información, el cálculo de frecuencias de ocurrencia, probabilidades asociadas o cálculo de probabilidades de excedencia de los umbrales, definidos a partir de la relación histórica entre la ocurrencia de eventos posiblemente detonados por alguno de estos factores (SGC, 2017). La Figura 5.1-52 , muestra el marco de referencia utilizado para el presente proyecto.

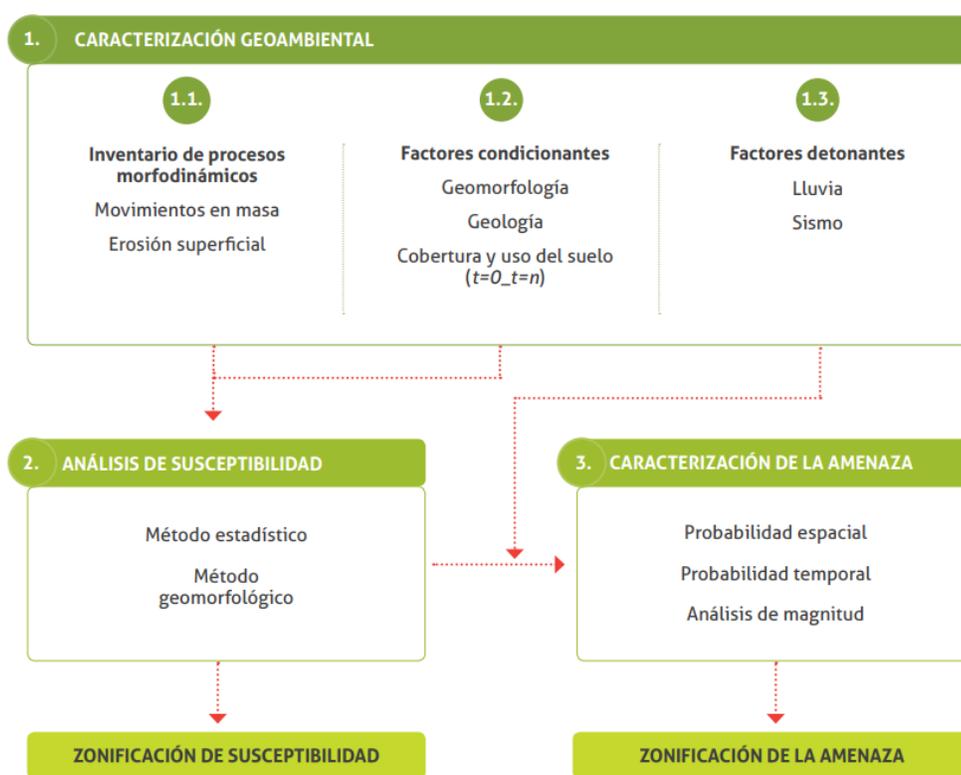


Figura 5.1-52 Marco de referencia para el análisis de amenaza por movimientos en masa para el presente proyecto

Fuente: SGC, 2017

En este sentido, los principales datos tenidos en cuenta para la caracterización geoambiental relación con el establecimiento de las zonas de amenaza por movimientos en masa del presente proyecto, se presentan a continuación (**Figura 5.1-53**).



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL "PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA"

OPERADORA SHANGRI-LA
S.A.S E.S.P

Ibagué y Piedras (Tolima)

| FACTOR / TEMÁTICA | CAPAS Y TIPOS DE DATOS |
|---------------------------------------|---|
| INVENTARIO DE PROCESOS MORFODINÁMICOS | Inventario de movimientos en masa y erosión |
| | Actividad de los movimientos en masa |
| | Distribución |
| GEOMORFOLOGÍA | Pendiente |
| | Curvatura |
| | Morfogénesis |
| UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES | Tipos de roca |
| | Meteorización |
| | Discontinuidades |
| | Aspectos estructurales |
| | Fallas |
| | Tipos de suelo |
| | Espesor del suelo |
| | Propiedades geotécnicas |
| | Propiedades hidrológicas |
| | Cobertura de la tierra |
| COBERTURA Y USO DEL SUELO | Uso del suelo actual |
| | Cambio de la cobertura de la tierra |
| | Lluvia |
| DETONANTES | Sismo |

Figura 5.1-53 Principales datos tenidos en cuenta para la caracterización geoambiental para zonificación de amenaza por movimientos en masa para el área de estudio

Fuente: SGC, 2017

5.1.3.3.1 Factores condicionantes para el establecimiento del mapa de amenaza por remoción en masa para el área de influencia físico-biótica

➤ Geomorfología

En la zonificación de amenazas por movimientos en masa, la geomorfología constituye el factor más importante para el análisis de la evolución del territorio y su relación con la ocurrencia de procesos con características definidas. De acuerdo con los lineamientos para cartografía geomorfológica del SGC para la elaboración de mapas geomorfológicos

(Carvajal, 2012; SGC, 2012), a escala 1:25.000, deben obtenerse Mapas de Subunidades Geomorfológicas (SGMF). Tomando como base la información contenida en este tipo de mapas, para zonificación de amenaza por movimientos en masa se propone generar capas de información de la pendiente del terreno, curvatura, morfogénesis (subunidades geomorfológicas indicativas de procesos tipo caída y flujo) y rasgos geomorfológicos indicativos de inestabilidad. El componente morfodinámico está relacionado con procesos tipo erosión (superficial y fluvial) y movimientos en masa, que son la base para la elaboración del mapa de inventario de procesos morfodinámicos descrito anteriormente.

El área de influencia físico-biótica se caracteriza por sus bajas a moderadas pendientes (entre el 0 al 25%) y por estar conformado sobre subunidades geomorfológicas de ambiente fluvial (Vallecito), Volcánico (Lahar), Antropogénico (Superficie de explanación, Cantera, Embalses o Jagüeyes). Estas condiciones geomorfológicas, permite establecer una zona con baja susceptibilidad a movimientos en masa, teniendo en cuenta el parámetro geomorfológico (**Tabla 5.1-13**).

Tabla 5.1-13 Susceptibilidad a procesos de remoción en masa por geomorfología

| UNIDAD | SUBUNIDAD | COMPONENTE | NOMB_UGEDOM | NOMENCLATURA | AREA_HA | %ÁREA | SUSCEPTIBILIDAD REMO POR GEOMORFOLOGÍA | CALIFICACIÓN |
|----------|-----------------------|------------------|---------------------------|--------------|---------|-------|--|--------------|
| Lahar | Ladera Volcánica | Cuello Volcánico | Lahar | Vlh | 4020,21 | 81,11 | Baja | 3 |
| Canteras | Ladera Volcánica | Flancos | Cantera | Aca | 12,13 | 0,24 | Baja | 1 |
| Lahar | Planos de explanación | Flancos | Superficie de explanación | Ase | 24,02 | 0,48 | Baja | 1 |
| Lahar | Ladera Volcánica | Canales | Embalses y/o jagüeyes | Aeoj | 83,86 | 1,69 | Baja | 1 |

| UNIDAD | SUBUNIDAD | COMPONENTE | NOMB_UGEOM | NOMENCLATURA | AREA_HA | %ÁREA | SUSCEPTIBILIDAD REMO POR GEOMORFOLOGÍA | CALIFICACIÓN |
|---------------------|-----------|------------|------------|--------------|----------------|---------------|--|--------------|
| Llanuras Inundación | Llanuras | Cauces | Vallecito | Fva | 816,17 | 16,47 | Baja | 1 |
| SUMA | | | | | 4956,39 | 100,00 | | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Unidades geológicas superficiales (UGS)

La geología superficial se refiere al material expuesto en la superficie del terreno, el cual puede corresponder a suelos o rocas, clasificados así desde el punto de vista ingenieril. Las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) corresponden a un conjunto (homogéneo) de materiales geológicos que afloran en la superficie, que provienen del mismo origen y conservan en general las mismas características físicas y de comportamiento geomecánico, hasta algunas decenas de metros por debajo de la superficie del terreno (Tomado y adaptado de Hermelín, 1985 e INGEOMINAS, 2004b).

En estos mapas se clasifican los materiales superficiales en suelos y rocas; las UGS incluyen los diferentes tipos de rocas clasificadas según su origen y composición mineralógica, grado de meteorización o alteración, dureza o resistencia e índice de resistencia geológica (GSI), así como, los suelos diferenciados de acuerdo con su origen, composición mineralógica, clasificación genética, características y propiedades del suelo, estructura o empaquetamiento, selección, gradación, color, tamaño, forma y composición de las partículas, grado de meteorización, consistencia, resistencia, condición de humedad, densidad relativa, compacidad, propiedades de la masa del suelo, estructuras relictas o discontinuidades en la masa de suelo y propiedades ingenieriles.

De acuerdo con los criterios planteados por el Servicio Geológico Colombiano (2004), para la definición de las unidades geológicas superficiales (UGS), tales como litología, dureza o resistencia, condiciones de las discontinuidades, grado de meteorización y rasgos estructurales; dentro del área de influencia físico-biótica del presente proyecto se tienen dos (2) unidades geológicas superficiales. Una de origen fluvial y la otra de origen volcánico. La susceptibilidad a presentar fenómenos de remoción en masa, teniendo en cuenta las Unidades Geológicas Superficiales se presenta en la **Tabla 5.1-14**.

Tabla 5.1-14 Susceptibilidad a procesos de remoción en masa por unidades geológicas superficiales (UGS)

| ORIGEN | T_MATERIA L | GRANULOM | TIPO_DEPOS | TIPO_SUELO | NOM ENCL AT | ARE A_H A | % ÁR EA | SUSCEP TIBILID AD REMO POR UGS | CALIFI CACIÓ N |
|-------------|-------------|---------------|--|---------------------------|-------------|-----------|---------|--------------------------------|----------------|
| Volc ánic o | Volc ánic o | Grava y Arena | Volcánico, originado por antiguas erupciones volcánicas de la Cordillera Central | Bajo grado de degradación | Stv4 | 413 9,79 | 83, 52 | BAJA | 1 |
| Aluv ial | Aluvia l | Arena y Limo | Aluvial, asociado con las corrientes dentro del área de estudio | Bajo grado de degradación | Stf1 | 816, 6 | 16, 48 | BAJA | 1 |
| SUMA | | | | | | 495 6,39 | 100 | | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Cobertura de tierra y uso del suelo

Otro de los factores condicionantes importantes en la ocurrencia de movimientos en masa es el cambio en la cobertura de la tierra, ya sea por causas naturales (como los incendios, remoción de suelo, entre otras) o por causas antrópicas (deforestación, uso intensivo del suelo, entre otras). La cobertura de la tierra y el uso del suelo en general son considerados factores estáticos dentro de los análisis de amenaza y pueden ser incluidos como capas de información independientes que representan las condiciones

actuales de vegetación o la dinámica antrópica dentro del territorio (van Westen et al., 2008).

Según la clase de cobertura vegetal presente, se establecen diferentes comportamientos geotécnicos en el material que conforma el terreno en un determinado lugar, puesto que la profundidad y densidad del tejido radicular va a modificar la cohesión interparticular del suelo. Este parámetro adquiere un valor importante en la zonificación geotécnica, ya que durante el paso del tiempo las actividades antrópicas han ocasionado el cambio de las coberturas, por tanto, consecuentemente ocurre degradación del suelo, seguido por ocurrencia de meteorización, erosión (erosión laminar, surcos, barrancos y cárcavas) y finalmente remoción en masa. A medida que ocurre la degradación de suelo y por ende se generan los procesos morfodinámicos, el grado de estabilidad de esta zona afectada va siendo cada vez más baja.

La cobertura vegetal influye directamente en la activación o reactivación de diferentes procesos erosivos, debido a la protección que le brinda al suelo ante la precipitación y la escorrentía, además los sistemas radiculares de la vegetación funcionan a manera de amarre en los estratos más superficiales del suelo, impidiendo y retardando la acción de los procesos erosivos, por tanto, incidiendo en la estabilidad del terreno. Las áreas de bosque protegen en mayor grado el terreno y disminuyen la alteración del mismo; por el contrario, las zonas de minería y zonas sin vegetación están predispuestas a la acción y afectación por parte de los agentes atmosféricos. Las coberturas presentes en el área de estudio y la calificación asignada en relación con su susceptibilidad a mostrar fenómenos de remoción en masa se presentan en la **Tabla 5.1-15**.

Tabla 5.1-15 Valoración de la cobertura vegetal asociado con los procesos de remoción en masa

| Cobertura vegetal | Susceptibilidad | Calificación |
|---------------------------|-----------------|--------------|
| Tejido urbano discontinuo | Baja | 1 |
| Tejido Urbano Continuo | Baja | 1 |
| Pastos limpios | Media | 2 |
| Pastos arbolados | Media | 2 |
| Pastos enmalezados | Media | 2 |

| Cobertura vegetal | Susceptibilidad | Calificación |
|---|-----------------|--------------|
| Bosque de galería y ripario | Baja | 1 |
| Plantación forestal | Baja | 1 |
| Tierras desnudadas y degradadas | Media | 2 |
| Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | Baja | 1 |
| Cuerpos de agua artificiales | Baja | 1 |
| Zonas Industriales | Baja | 1 |
| Red vial y territorios asociados | Baja | 1 |
| Aeropuerto sin infraestructura asociada | Baja | 1 |
| Otras explotaciones mineras | Media | 2 |
| Explotación de materiales de construcción | Media | 2 |
| Otras zonas verdes urbanas | Baja | 1 |
| Parque cementerio | Baja | 1 |
| Áreas deportivas | Baja | 1 |
| Arroz | Media | 2 |
| Vegetación secundaria alta | Baja | 1 |
| Vegetación secundaria baja | Baja | 1 |
| Estanques para acuicultura continental | Baja | 1 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Inventario de procesos morfodinámicos

La Morfodinámica es una rama de la geomorfología que estudia los procesos dinámicos activos o aquellos que pueden activarse en el futuro sobre la superficie del terreno; procesos formadores del relieve que pueden ser agradacionales o denudacionales. Los procesos superficiales agradacionales son aquellos que generan la elevación de la superficie terrestre y están asociados principalmente a procesos de acumulación o sedimentación de material, como el caso de depósitos aluviales. Los procesos de degradación o denudacionales, son los que contribuyen a la degradación y reducción de los relieves iniciales, tales procesos son la erosión y los fenómenos de remoción en masa. El análisis morfodinámico consiste en identificar, cartografiar, evaluar y zonificar las áreas con presencia de meteorización, erosión y/o eventos de remoción en masa. Los anteriores procesos modifican las geoformas y son consecuencia de la acción de agentes

geodinámicos, tales como la gravedad, el agua lluvia, la escorrentía, entre otros fenómenos naturales. En términos generales existen procesos de erosión, fenómenos de remoción en masa y socavación; estos últimos asociados con la dinámica fluvial de algún cuerpo de agua.

Erosión: Aplicado a las diversas maneras como los agentes móviles desprenden y transportan los productos de la sedimentación y de la meteorización (Villota, 1991).

Socavación: La socavación es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca material de los bordes de los cauces.

Fenómenos de remoción en masa: Conjunto de procesos denudativos relacionados con el desplazamiento o transposición ligeramente rápida y localizada de volúmenes variables de partículas y agregados del suelo, de mantos de meteorización, incluyendo material de suelo, detritos, bloques y masas rocosas, cuesta abajo, por incidencia de la gravedad o movimientos sísmicos y con participación variable del agua, suelo y otros agentes como la acción antrópica (Villota, 1991).

El reconocimiento de los procesos de erosión, socavación y de remoción en masa, es un aspecto importante para la determinación de la susceptibilidad de un área determinada a ser afectada por los fenómenos relacionados y de posible ocurrencia (o amenazas naturales). La categorización de los procesos morfodinámicos (erosión, socavación y fenómenos de remoción en masa) dentro del área de estudio, se realizó mediante la clasificación propuesta por Van Zuidam (195), Vargas (2002), Carvajal (2002) en el informe del SGC (2011). Los procesos morfodinámicos descritos a continuación, corresponden a aquellos procesos actuales, identificados a partir de la imagen satelital del proyecto, con su correspondiente verificación en campo.

La categorización de procesos morfodinámicos dentro del área de estudio se realizó mediante la clasificación propuesta por Van Zuidam (1995), Vargas (2002), Carvajal (2002) en el informe del SGC (2011).

✓ Fenómenos de remoción en masa

Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies, la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido, la velocidad puede ser muy variable, pero pueden ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes (González, 2006).

En los deslizamientos rotacionales, la rotura, superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas o en forma de cuchara. Una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiéndose dividirse en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a escalones con la superficie basculada hacia la ladera y grietas de tracción estriadas (González, 2006).

Para el área de influencia físico-biótica no se registraron procesos actuales relacionados con remoción en masa.

✓ Procesos erosivos

Dentro del área de influencia Físico-Biótica, fueron cartografiados los siguientes procesos erosivos. En la Tabla 5.1-16, se presentan los procesos de carácter areal, mientras que en la Tabla 5.1-17, se muestran los procesos de tipo puntual. En este sentido estos procesos son calificados con susceptibilidad alta a presentar fenómenos de remoción en masa, ya que, con el tiempo, dichos procesos se pueden convertir en deslizamientos.

Tabla 5.1-16 Procesos de erosión (areal) para el área de influencia Físico-Biótica

| T_PROCESO | NOMBRE | OBSERV | ID_PROC_PG | AREA_HA |
|------------|-----------------|-------------------------------|------------|---------|
| Denudativo | Erosión pluvial | Tierras desnudas y degradadas | EP-01 | 1,67 |
| Denudativo | Erosión pluvial | Tierras desnudas y degradadas | EP-02 | 0,25 |
| Denudativo | Erosión pluvial | Tierras desnudas y degradadas | EP-03 | 3,81 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-17 Procesos de erosión (puntual) para el área de influencia Físico-Biótica

| T_PROCESO | NOMBRE | OBSERV | ID_PROC_PT | COOR_ESTE | COOR_NORTE |
|------------|-----------------|---|------------|-----------|------------|
| Denudativo | Erosión pluvial | Identificación de inicio de procesos erosivos | ER-01 | 4774578 | 2044513 |
| Denudativo | Erosión pluvial | Surcos sobre la unidad geomorfológica producto de escorrentía | ER-02 | 4762972 | 2044860 |
| Denudativo | Erosión pluvial | Procesos erosivos sobre subunidad Vfla | ER-03 | 4761188 | 2043290 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3.3.2 Susceptibilidad remoción en masa

La leyenda del mapa de susceptibilidad debe incluir tanto información relacionada con los tipos y subtipos de movimiento en masa en la zona de estudio, como las características o factores condicionantes que determinan la mayor o menor posibilidad

de ocurrencia de cada tipo de movimiento en las categorías de susceptibilidad. Las categorías de susceptibilidad por remoción en masa, se presenta a continuación:

Susceptibilidad Muy Alta: corresponde a los movimientos en masa obtenidos en el inventario de procesos morfodinámicos. En estas áreas se incluyen los movimientos tipo deslizamiento y caída. Los polígonos de flujos clasificados como avenida torrencial o reptación no hacen parte de esta categoría.

Susceptibilidad Alta y Media: en estas categorías debe incluirse la descripción de los tipos de movimiento que pueden ocurrir y una descripción breve de los factores geoambientales que condicionan esta posibilidad, haciendo énfasis en la importancia relativa de cada factor de acuerdo con las hipótesis planteadas y los resultados obtenidos en el análisis de cada tipo de movimiento. Cada tipo de movimiento está condicionado por un factor o una combinación de factores específica, que debe describirse de manera precisa en la leyenda.

Susceptibilidad Baja: descripción de las características geoambientales que condicionan la ausencia o muy baja posibilidad de ocurrencia de un movimiento en masa. Esta descripción también debe estar basada en la importancia relativa de cada factor de acuerdo con las hipótesis planteadas y los resultados de los análisis por tipo de movimiento que se hayan realizado.

Las zonas de susceptibilidad por remoción en masa se presentan a continuación (**Figura 5.1-54**).

| CATEGORÍA | TIPOS Y SUBTIPOS DE MOVIMIENTO | CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTALES – FACTORES CONDICIONANTES |
|-----------|--|--|
| MUY ALTA | Movimientos en masa activos del inventario de procesos morfodinámicos | |
| ALTA | Deslizamientos | UGS - Subunidades geomorfológicas - Cobertura de la tierra y Uso del suelo |
| | Caídas | |
| MEDIA | Flujos | UGS - Subunidades geomorfológicas - Cobertura de la tierra y Uso del suelo |
| | Deslizamientos | |
| | Caídas | |
| BAJA | Flujos | UGS - Subunidades geomorfológicas - Cobertura de la tierra y Uso del suelo |
| | UGS - Subunidades geomorfológicas - Cobertura de la tierra y Uso del suelo | |

Figura 5.1-54 Zonas de susceptibilidad por remoción en masa

Fuente: SGC, 2017

De acuerdo con las zonas de susceptibilidad por remoción en masa definidas en la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2017), se tiene que, dentro de la categoría Muy alta, se encuentran los movimientos en masa activos del inventario de procesos morfodinámicos. En este sentido y teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente dentro del área de influencia Físico-Biótica del presente proyecto, no se tienen áreas con susceptibilidad Muy Alta a fenómenos de remoción en masa, ya que no se registraron movimientos en masa activos.

Una vez realizado el cruce de las variables descritas anteriormente, se obtuvo para el área de influencia Físico-Biótica, dos categorías de susceptibilidad a presentar fenómenos de remoción en masa: Susceptibilidad Media y Susceptibilidad Baja. La distribución de dichas zonas se presenta en la **Figura 5.1-55** .

Ibagué y Piedras (Tolima)

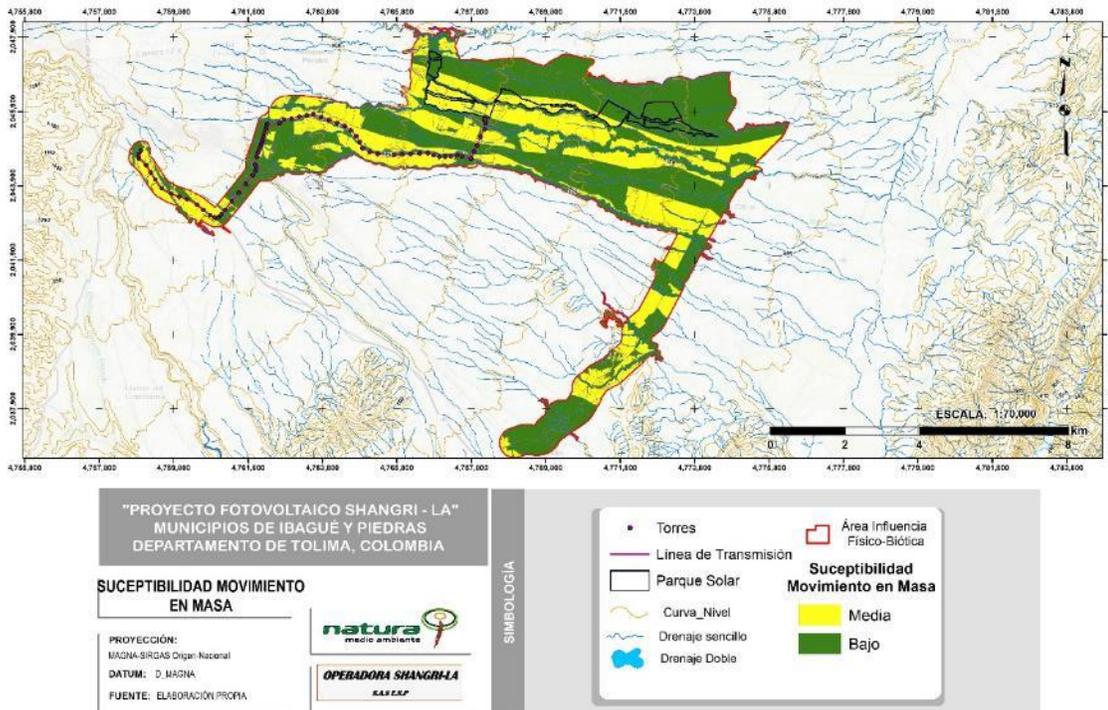


Figura 5.1-55 Susceptibilidad por remoción en masa para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Para la caracterización de la amenaza es necesario integrar las categorías de susceptibilidad alta y muy alta, de tal manera que se cuente solo con tres categorías de amenaza de acuerdo con la normatividad vigente (Decreto 1807 de 2014). De esta forma se tendrán tres categorías de amenaza como se presenta a continuación (Figura 5.1-56).

| CATEGORÍA DE SUSCEPTIBILIDAD | CATEGORÍA DE AMENAZA |
|------------------------------|----------------------|
| Muy Alta | Alta |
| Alta | Alta |
| Media | Media |
| Baja | Baja |

Figura 5.1-56 Categoría por remoción en masa dentro del área de estudio

Fuente: SGC, 2017

La amenaza por remoción en masa dentro del área de estudio fue clasificada en dos categorías. La amenaza Media se asocia con las zonas donde predominan las coberturas de pastos y moderadas pendientes; mientras que las zonas de amenaza baja se relacionan con las coberturas de bosques y áreas de bajas pendientes (**Figura 5.1-57**).

Ibagué y Piedras (Tolima)

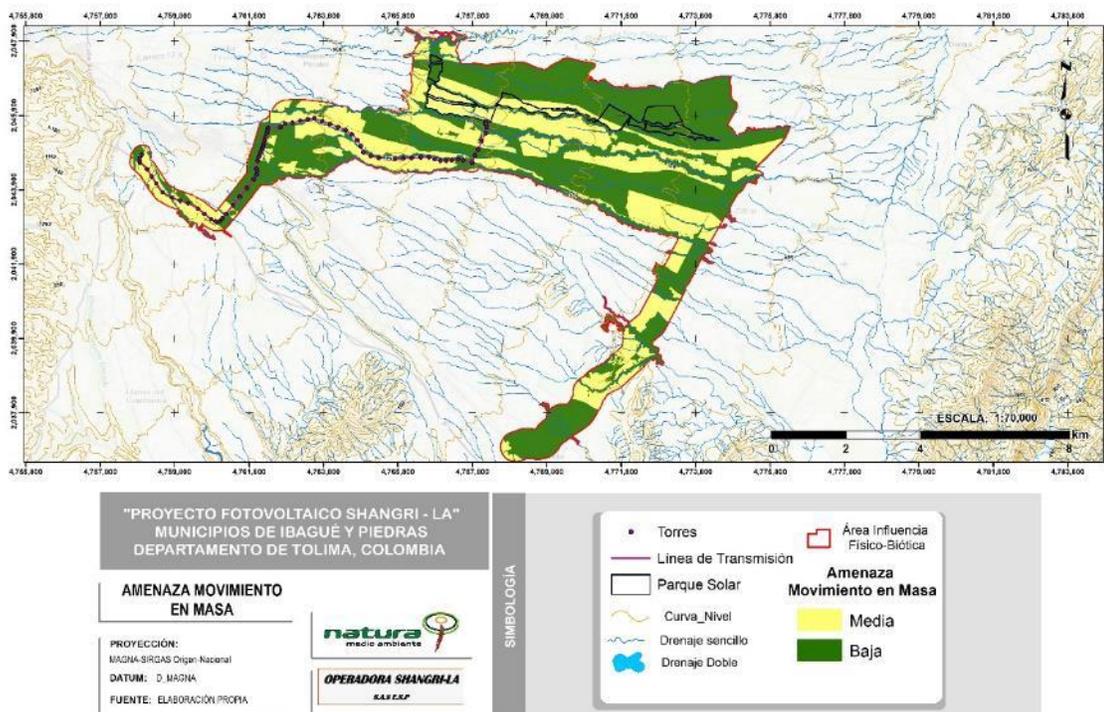


Figura 5.1-57 Amenaza por remoción en masa para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3.4 Amenaza por incendios forestales

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

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

5.1.3.4.1 Susceptibilidad de la cobertura vegetal a los incendios

La susceptibilidad de la cobertura vegetal, se analiza mediante la identificación y valoración de la condición pirogénica de la vegetación, según lo propuesto en el modelo

de combustibles desarrollado para Colombia por Páramo, 2007. El modelo de combustibles representa la condición pirogénica de la vegetación colombiana, aspecto clave en la evaluación del comportamiento de nuestros ecosistemas frente al fuego, tanto en el inicio de un incendio, como en la modelación del comportamiento del fuego, en caso de presentarse eventos de esta índole.

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

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

Para determinar la susceptibilidad de la zona de estudio a presentar incendios forestales, se aplicó la metodología propuesta en el "PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETALES ESCALA 1:100.000" (IDEAM, 2011).

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

- Generación del mapa de tipo de combustible

A partir del mapa de cobertura vegetal, se genera una reclasificación mediante la interpretación de los tipos de cobertura, según los tipos de combustibles dominantes, generándose para cada de ellos un valor de calificación. Para el área de estudio se obtuvo el siguiente tipo de combustible predominante (**Tabla 5.1-18**).

Tabla 5.1-18 Tipo de combustible para cada cobertura de tierra dentro del área de influencia Físico-Biótica. Se presenta la categoría de Amenaza y su calificación de acuerdo al IDEAM, 2011

| Cobertura vegetal | Tipo de combustible predominante | Categoría Amenaza | Calificación |
|---|----------------------------------|-------------------|--------------|
| Tejido urbano discontinuo | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Tejido Urbano Continuo | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Pastos limpios | Pastos | Muy Alta | 5 |
| Pastos arbolados | Pastos /hierbas | Muy Alta | 5 |
| Pastos enmalezados | Pastos | Muy Alta | 5 |
| Bosque de galería y ripario | Árboles | Baja | 2 |
| Plantación forestal | Árboles | Baja | 2 |
| Tierras desnudadas y degradadas | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Cuerpos de agua artificiales | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Zonas Industriales | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Red vial y territorios asociados | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Aeropuerto sin infraestructura asociada | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Otras explotaciones mineras | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Explotación de materiales de construcción | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Otras zonas verdes urbanas | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Parque cementerio | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Áreas deportivas | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Arroz | Pastos /hierbas | Muy Alta | 5 |
| Vegetación secundaria alta | Árboles | Baja | 2 |
| Vegetación secundaria baja | Árboles | Baja | 2 |
| Estanques para acuicultura continental | No Combustible | Muy Baja | 1 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La distribución del tipo de combustible para el área de influencia Físico-Biótica, se presenta a continuación en la Figura 5.1-58 .

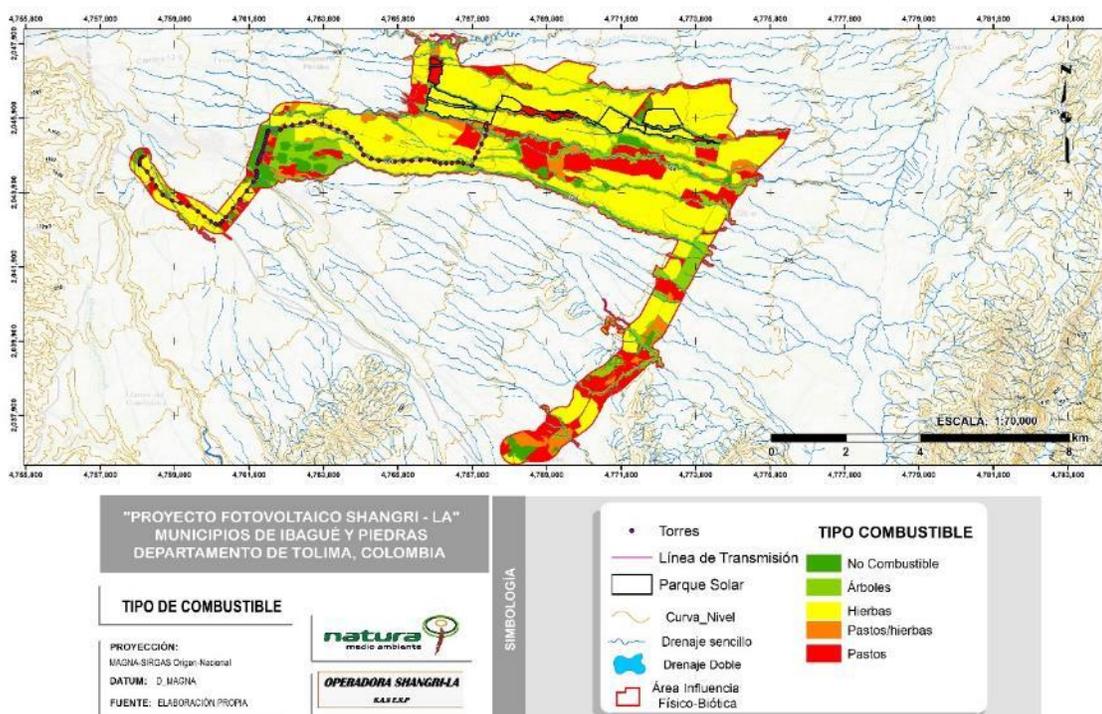


Figura 5.1-58 Tipo de combustible para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Generación del mapa de duración de combustible

A partir del mapa de cobertura vegetal, se genera una reclasificación mediante la interpretación de los tipos de cobertura, asignando de acuerdo a las coberturas predominantes una calificación según la duración de los combustibles.

Para el área de estudio se obtuvo la siguiente duración del tipo de combustible, Tabla 5.1-19:

Tabla 5.1-19 Duración de combustible para cada cobertura de tierra dentro del área de influencia Físico-Biótica. Se presenta la categoría de Amenaza y su calificación de acuerdo al IDEAM, 2011

| Cobertura vegetal | Duración del combustible predominante | Categoría Amenaza | Calificación |
|---|---------------------------------------|-------------------|--------------|
| Tejido urbano discontinuo | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Tejido Urbano Continuo | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Pastos limpios | 1 hora | Alta | 4 |
| Pastos arbolados | 1 hora | Alta | 4 |
| Pastos enmalezados | 1 hora | Alta | 4 |
| Bosque de galería y ripario | 100 horas | Moderada | 3 |
| Plantación forestal | 100 horas | Moderada | 3 |
| Tierras desnudadas y degradadas | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Cuerpos de agua artificiales | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Zonas Industriales | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Red vial y territorios asociados | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Aeropuerto sin infraestructura asociada | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Otras explotaciones mineras | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Explotación de materiales de construcción | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Otras zonas verdes urbanas | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Parque cementerio | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Áreas deportivas | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Arroz | 1 hora | Alta | 4 |
| Vegetación secundaria alta | 100 horas | Moderada | 3 |
| Vegetación secundaria baja | 100 horas | Moderada | 3 |
| Estanques para acuicultura continental | No Combustible | Muy Baja | 1 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Generación del mapa de carga de combustible

A partir del mapa de cobertura vegetal y de información específica que se tenga sobre la biomasa de los diferentes tipos de cobertura (expresada en toneladas por hectárea)

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).

Para el área de estudio se obtuvo el siguiente tipo de carga total (biomasa) de combustible (Tabla 5.1-20).

Tabla 5.1-20 Carga total para cada cobertura de tierra dentro del área de influencia Físico-Biótica. Se presenta la categoría de Amenaza y su calificación de acuerdo al IDEAM, 2011

| Cobertura vegetal | Carga total (Biomasa) de combustible | Categoría Amenaza | Calificación |
|---|--------------------------------------|-------------------|--------------|
| Tejido urbano discontinuo | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Tejido Urbano Continuo | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Pastos limpios | Baja (1-50 ton/ ha) | Baja | 1 |
| Pastos arbolados | Moderada (50-100 ton/ha) | Moderada | 3 |
| Pastos enmalezados | Baja (1-50 ton /ha) | Baja | 1 |
| Bosque de galería y ripario | Muy Alta (más de 100 ton /ha) | Alta | 4 |
| Plantación forestal | Muy Alta (más de 100 ton /ha) | Alta | 4 |
| Tierras desnudadas y degradadas | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Cuerpos de agua artificiales | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Zonas Industriales | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Red vial y territorios asociados | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Aeropuerto sin infraestructura asociada | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Otras explotaciones mineras | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Explotación de materiales de construcción | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Otras zonas verdes urbanas | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Parque cementerio | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Áreas deportivas | No Combustible | Muy Baja | 1 |
| Arroz | Moderada (50-100 ton/ha) | Moderada | 3 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Cobertura vegetal | Carga total (Biomasa) de combustible | Categoría Amenaza | Calificación |
|--|--------------------------------------|-------------------|--------------|
| Vegetación secundaria alta | Muy Alta (más de 100 ton /ha) | Alta | 4 |
| Vegetación secundaria baja | Muy Alta (más de 100 ton /ha) | Alta | 4 |
| Estanques para acuicultura continental | No Combustible | Muy Baja | 1 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La distribución de la carga total (biomasa) de combustible para el área de influencia Físico-Biótica, se presenta a continuación (Figura 5.1-59).

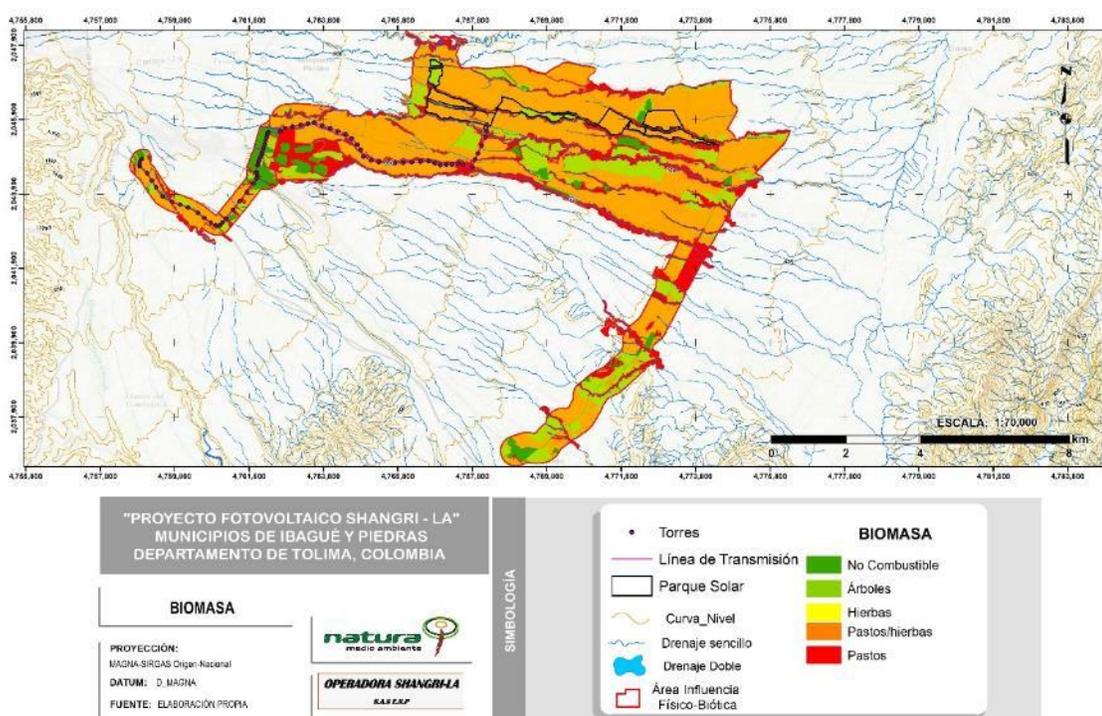


Figura 5.1-59 Carga Total (Biomasa) de combustible para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

- Generación del mapa de susceptibilidad de la vegetación a incendios

Una vez asignadas las respectivas calificaciones y generados los mapas de tipo, duración y carga de combustibles, se procede a la realización del producto entre cada uno de ellos (álgebra de mapas); el resultado obtenido se agrupa posteriormente en 5 categorías mediante una distribución de frecuencias y a cada grupo se le asignó una calificación que varía entre susceptibilidad muy baja (rango menor) a susceptibilidad muy alta (rango mayor), mediante la siguiente ecuación

$$SUSC = CAL (TC) + CAL (DC) + CAL (CT)$$

Donde:

SUSC: Susceptibilidad de la vegetación (susceptibilidad bruta).

CAL (TC): Calificación por tipo de combustible.

CAL (DC): Calificación de la duración de los combustibles.

CAL (CT): Calificación de la carga total de combustibles

Para el área de estudio, se obtuvo un máximo de 12 puntos y un mínimo de 3 puntos, por lo que la categorización se presenta en la **Tabla 5.1-21**.

Tabla 5.1-21 Categorías por rangos de susceptibilidad

| CALIFICACION | CATEGORIA |
|--------------|-----------|
| 3-4,6 | Muy baja |
| 4,6-6,2 | Baja |
| 6,2-7,8 | Moderada |
| 7,8-9,4 | Alta |
| 9,4-11 | Muy alta |

Fuente: IDEAM, 2011.

En la Tabla 5.1-22, se observa el resultado de la sumatoria de los mapas en el cual se ha identificado cuatro (4) categorías por susceptibilidad de la vegetación debido a la diversidad de coberturas encontradas en el área de estudio del proyecto. En este sentido

no se registraron áreas con susceptibilidad a incendios forestales con categoría Muy Baja.

Tabla 5.1-22 Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales en el área de estudio

| SUSCEPTIBILIDAD | AI FB (ha) | AI FB (%) |
|-----------------|----------------|------------|
| Muy Alta | 978,51 | 19,74 |
| Alta | 3683,24 | 74,34 |
| Moderada | 0,00 | 0,00 |
| Baja | 0,00 | 0,00 |
| Muy Baja | 294,65 | 5,94 |
| Total | 4956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La susceptibilidad a los incendios forestales se presenta en la Figura 5.1-60 .

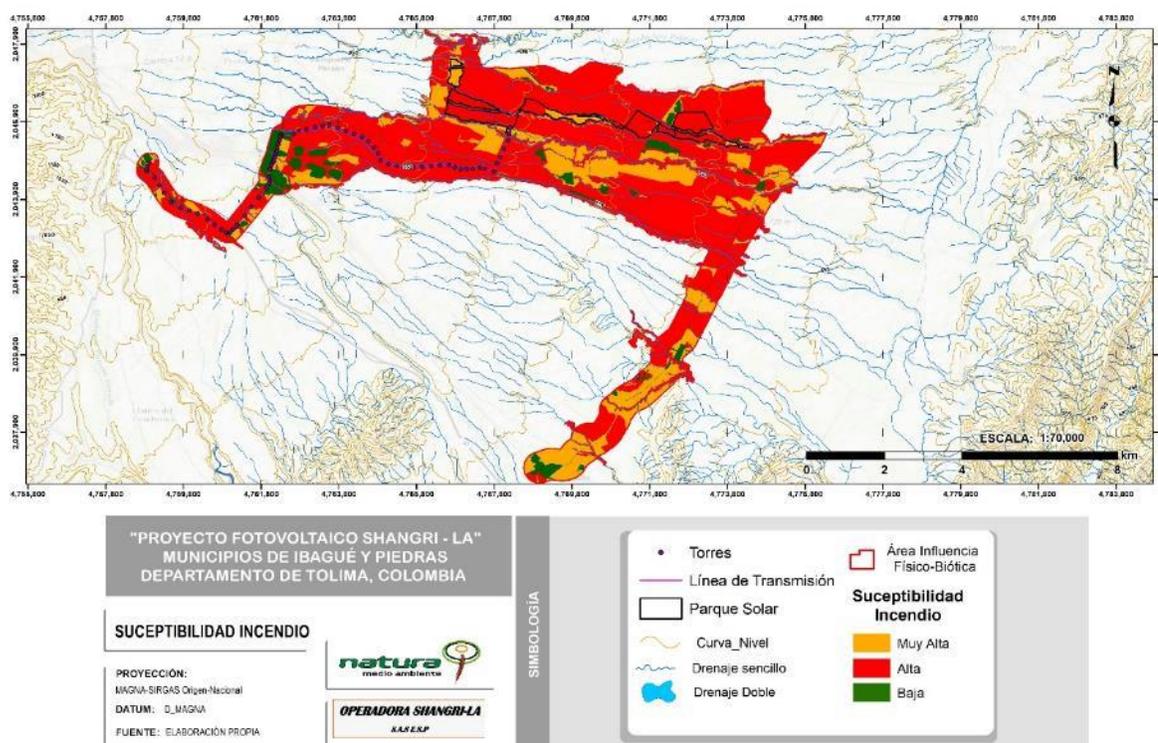


Figura 5.1-60 Susceptibilidad a incendios forestales para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3.4.2 Amenaza total por incendios forestales

Para este análisis se integran los factores climáticos, pendiente, accesibilidad, frecuencia histórica de incendios y la susceptibilidad de la cobertura vegetal para el área de estudio, se procede a reclasificar la amenaza total por incendios forestales teniendo como referencia, los lineamientos establecidos en el protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal (IDEAM, 2011).

A continuación, se describen los valores obtenidos para cada factor en las cinco categorías propuestas en el protocolo.

➤ Análisis de amenaza por temperatura

Para el área de interés, la temperatura media anual es de 30°C, que categoriza la amenaza como Muy Alta.

➤ Análisis de amenaza por precipitación

Para el área de estudio, la precipitación media anual oscila entre los 1000 y 2500 mm anuales, que categoriza en la amenaza como Moderada.

➤ Análisis de amenaza por pendiente

Las pendientes del área de estudio se encuentran entre el 0-25%, lo que representa una categoría de amenaza que varía entre Media a baja. Media para las pendientes mayores y baja para las pendientes bajas.

➤ Análisis de amenaza por accesibilidad

La amenaza por accesibilidad se presenta principalmente como Muy Alta, considerando que se tomó, según la metodología un buffer de 500 metros.

➤ Análisis de amenaza por frecuencia de incendios

En este ítem, se tienen en cuenta las áreas con presencia histórica de incendios forestales con el fin de generar el índice de frecuencia en el área de estudio. Se han registrado a nivel municipal, 4 incendios desde el año 2015 a 2016, esta amenaza se califica con un rango de amenaza Moderado.

Después de evaluar cada variable por separado, tenemos que la amenaza de la vegetación a incendios forestales corresponde a la sumatoria de las amenazas susceptibilidad de la vegetación, precipitación, temperatura, pendientes, frecuencia y accesibilidad; de tal manera que la ecuación será:

$$\begin{aligned} \text{Amenaza} = & \text{Susceptibilidad de la vegetación} \times (0,17) + \text{Precipitación} \times (0,25) + \\ & \text{Temperatura} \times (0,25) + \text{Pendientes} \times (0,03) + \text{Frecuencia} \times (0,05) \\ & + \text{Accesibilidad} \times (0,03) \end{aligned}$$

La Tabla 5.1-23, presenta la amenaza por vegetación a incendios forestales, teniendo en cuenta la ecuación anterior.

Tabla 5.1-23 Amenaza de la vegetación a incendios forestales

| Amenaza Incendios Forestales | AI FB (ha) | AI FB (%) |
|------------------------------|----------------|------------|
| Alta | 3632,66 | 73,29 |
| Media (Moderado) | 1029,07 | 20,76 |
| Baja | 294,66 | 5,95 |
| Total | 4956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

De tal manera, al hacer el análisis, si se evidencia cambios frente a lo establecido en la susceptibilidad. A continuación, se presenta la amenaza de incendios forestales evaluada para el área de estudio, en la cual predominan las áreas con Amenaza Alta con el 73,29%, seguido por la amenaza media con el 20,76%. La Amenaza baja representa el 5,95% del área de influencia Físico-Biótica, asociada con las coberturas antrópicas de red vial y terrenos asociados, tejido urbano continuo, discontinuo, así como los cuerpos de agua antrópicos.

La distribución de la amenaza por incendios forestales, se presenta a continuación (Figura 5.1-61).

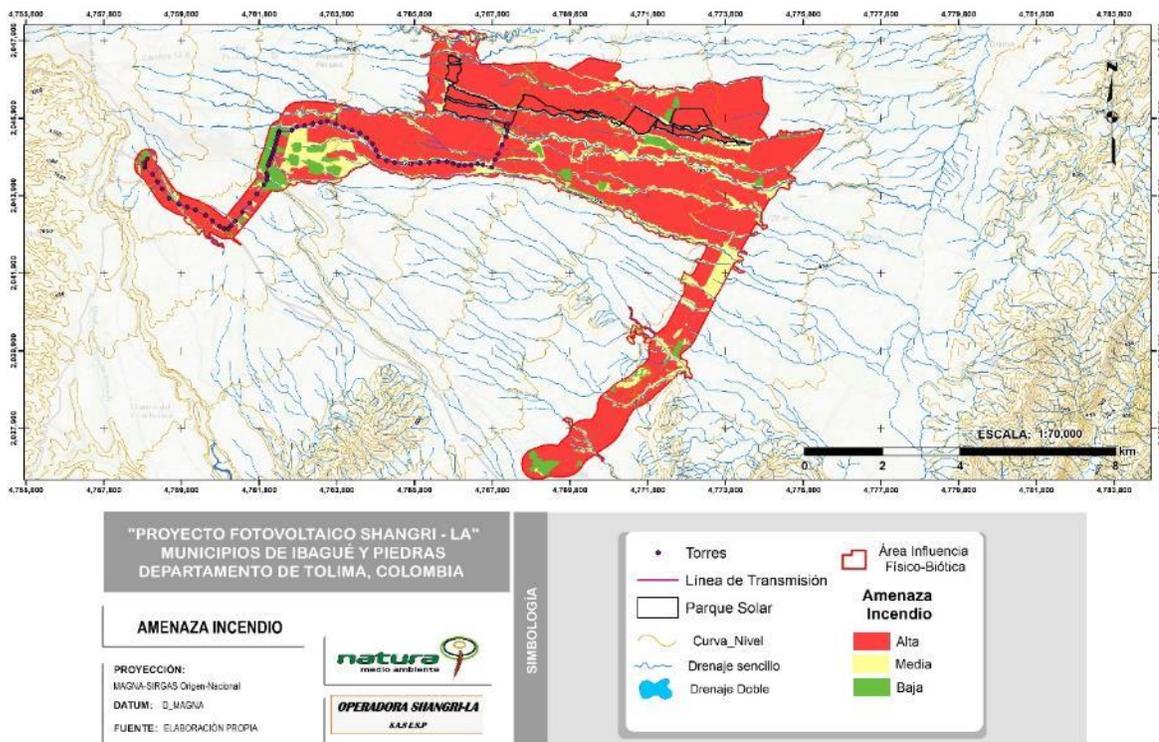


Figura 5.1-61 Amenaza por incendios forestales para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3.5 Amenaza Cerámica

5.1.3.5.1 Redes de localización de rayos en Colombia

En el año de 1995, Interconexión Eléctrica S.A-E.S.P (ISA) con el apoyo académico de la Universidad Nacional de Colombia, adquiere el primer sistema de localización de rayos conocido como la Red Colombiana de Medición y Localización de Descargas Eléctricas Atmosféricas (RECMA). El sistema se conformó con el conjunto de seis sensores de baja frecuencia y tecnología (Lightning Position and Tacking System-LPATS) distribuidos en Colombia tal como se muestra a continuación (Figura 5.1-62). Adicionalmente, con la cooperación de las Empresas Públicas de Medellín (EPM), se instalaron cinco dispositivos LLP (Lightning Location and Protection), distribuidos en la región central de Colombia, conformándose el primer sistema de medición indirecta de rayos en el territorio nacional [1]. Posteriormente, la RECMA fue reemplazada por el Sistema de Información de Descargas Atmosféricas (SID), con la actualización del sistema LPATS por equi pos de medición de baja frecuencia LS 7000 (Lightning Sensor 7000). Actualmente el SID cuenta con seis dispositivos de medición los cuales emplean las técnicas de detección de la dirección magnética (Magnetic Direction Finding – MDF) y tiempo de arribo (Time of Arrival – TOA) para la estimación de los parámetros físicos asociados a los rayos.

■

Ibagué y Piedras (Tolima)

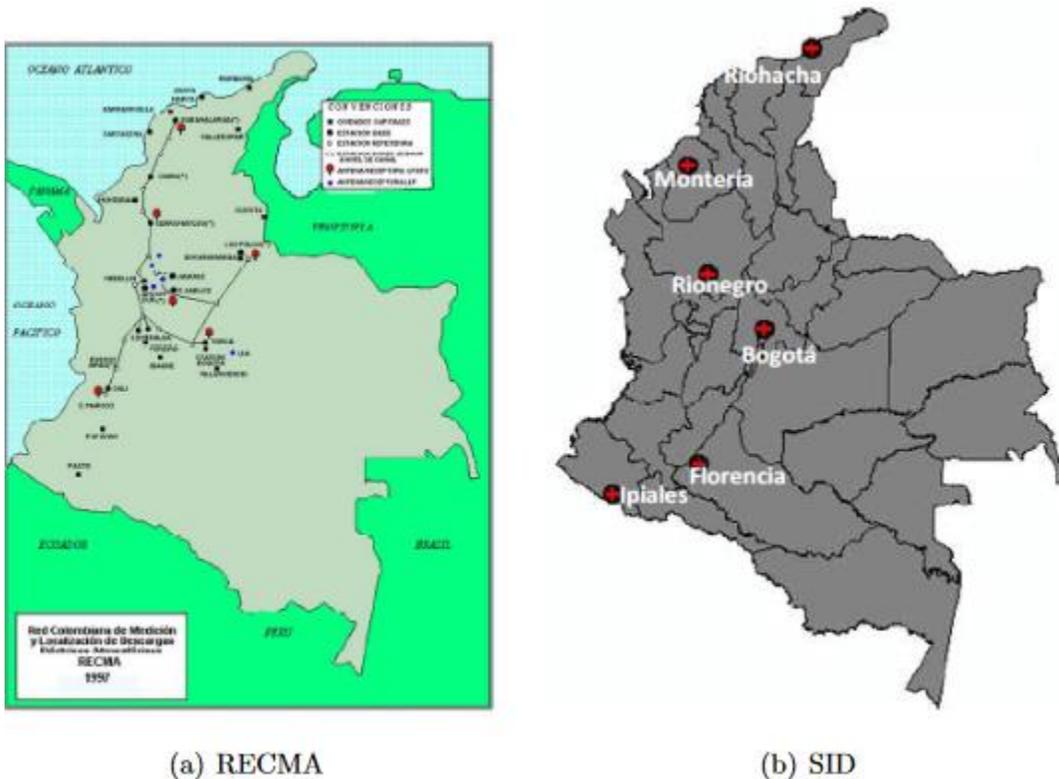


Figura 5.1-62 Redes de localización de Rayos Colombia

Fuente: Mosquera, 2015

En septiembre de 2011 entra en operación la red de localización y detección de rayos (LINET). Esta tecnología fue desarrollada en la Universidad de Munich-Alemania y tiene la capacidad de detectar tanto rayos nube-tierra (CG) como rayos intranubes (IC). El sistema trabaja a VLF/LF, debido a la técnica de detección TOA, y al algoritmo mejorado. Estas características le permiten proveer no solo información de la posición horizontal (latitud, longitud) sino también de la posición vertical del rayo detectado. Actualmente esta red se compone de 10 sensores instalados y cubre aproximadamente el 80 % del territorio colombiano, teniendo una eficiencia superior al 95 % sobre el interior del país (Figura 5.1-62).

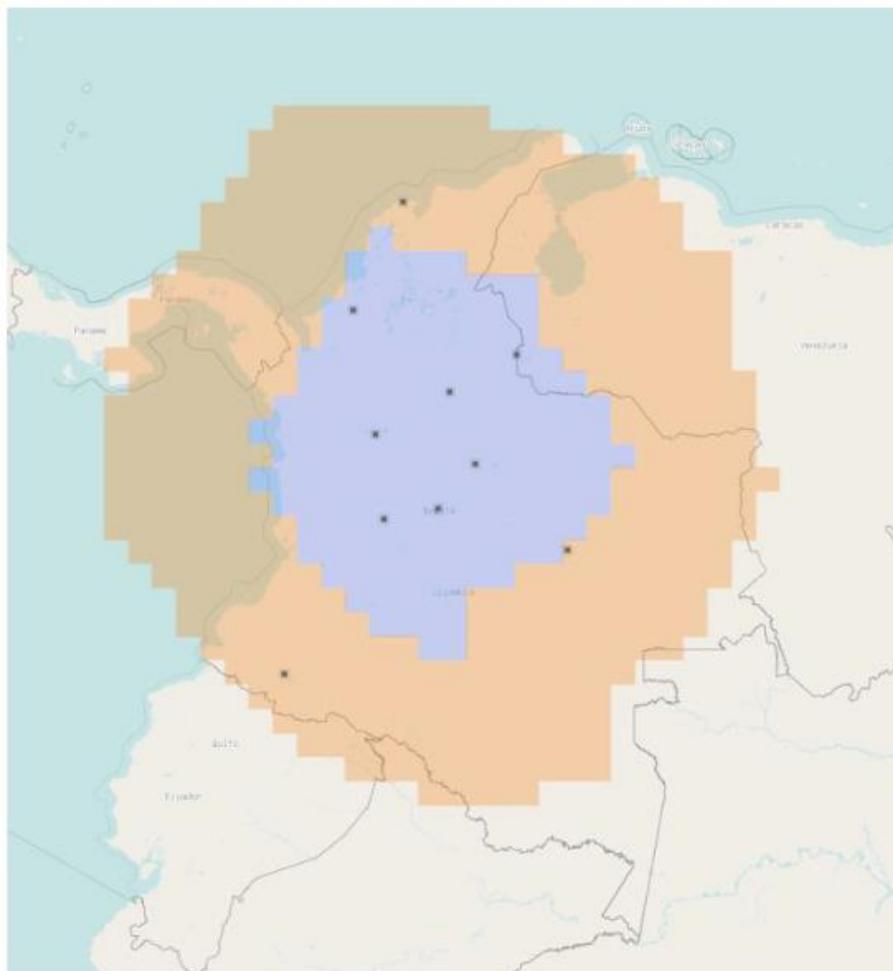


Figura 5.1-63 Cobertura de la red de localización y detección de rayos Linet

Fuente: Mosquera, 2015

5.1.3.5.2 Actividades de rayos en Colombia

Las primeras investigaciones acerca de las características de la actividad de rayos en Colombia, nacen con el primer mapa de niveles ceráuneos (Figura 5.1-62), el cual fue producto de observaciones humanas durante los años de 1974 a 1988. Aunque el mapa de nivel ceráunico ofrece cierta información de la actividad de rayos sobre las regiones, no tiene en cuenta otra serie de parámetros que permiten caracterizarla actividad de rayos con mayor precisión.

Ibagué y Piedras (Tolima)

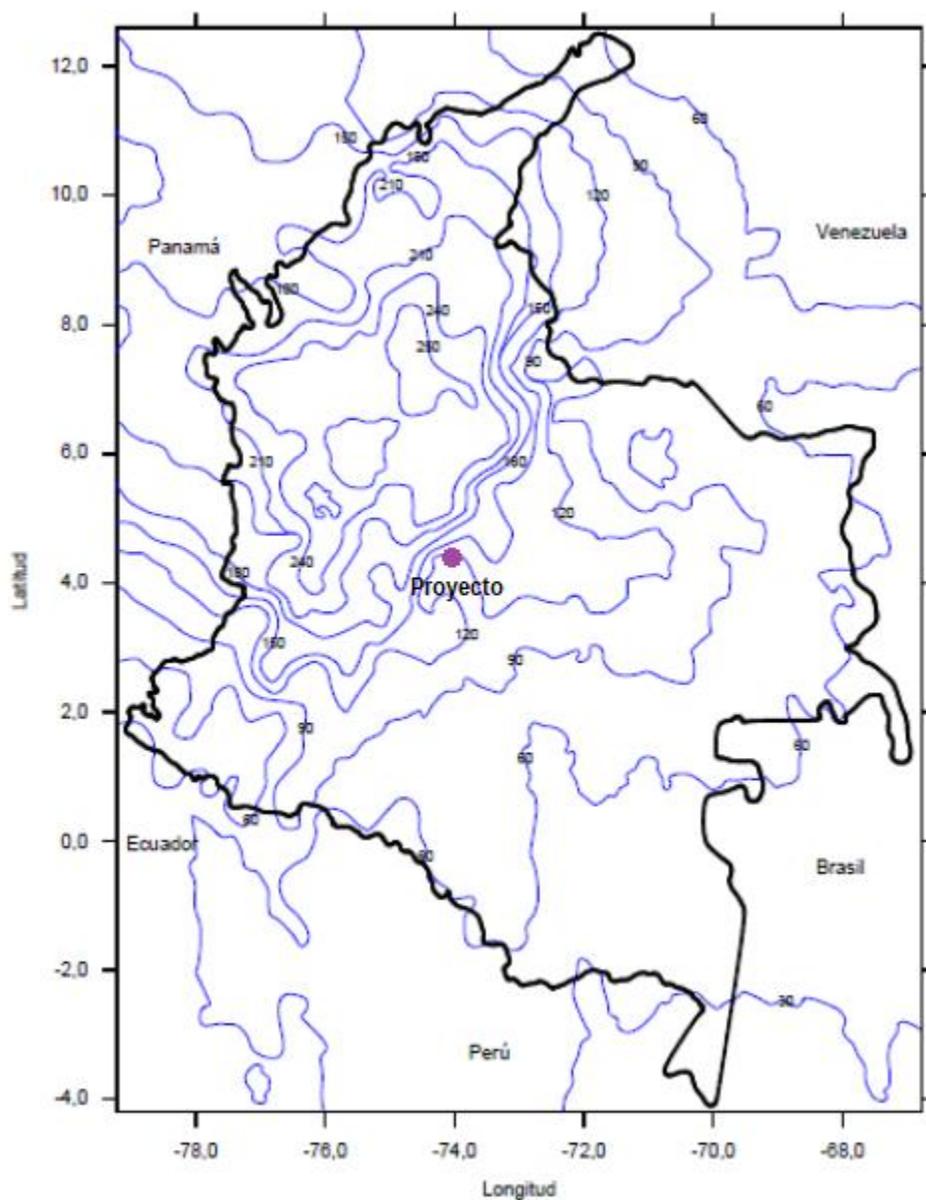


Figura 5.1-64 Mapa de isoniveles Ceráunicos para Colombia 1999

Fuente: Mosquera, 2015

Con las limitaciones de los mapas ceráunicos, se empezó a utilizar el parámetro de Densidad de Rayos (DDT), el cual se define como el número de rayos que impactan en un área de un kilómetro cuadrado al año. Esta medición muestra mayor información, no solo sobre la actividad de rayos en un lugar determinado sino también de su intensidad. El DDT ha sido tradicionalmente determinado por dos métodos: (i) Mediante mediciones

directas con equipos contadores de rayos, sistemas de localización o mediante sistemas satelitales y (ii) Mediante ecuaciones empíricas que relacionan la densidad de descargas a tierra con el Nivel Ceráuneo.

Del mapa de DDT se puede notar que las regiones de mayor actividad de rayos en el país son: el Magdalena medio, Chocó y el Catatumbo, reafirmando los resultados en estudios anteriores.

Investigaciones realizadas muestran que la región central de Colombia presenta un comportamiento bimodal, con máxima actividad de rayos en los meses de abril, mayo, Octubre y Noviembre, mientras que la costa norte tiene un comportamiento monomodal con la máxima actividad de rayos en los meses de Junio, Julio y Agosto. La información actual sobre la actividad de rayos distribuida mensualmente se muestra a continuación en la Figura 5.1-65 , en la cual se observa que la mayor actividad de rayos en Colombia se presenta en los meses de Abril, Mayo y Septiembre en el cual se registran más de 900.000 rayos, y los meses de Enero, Febrero y Diciembre son los meses donde existe la menor actividad de rayos en Colombia.

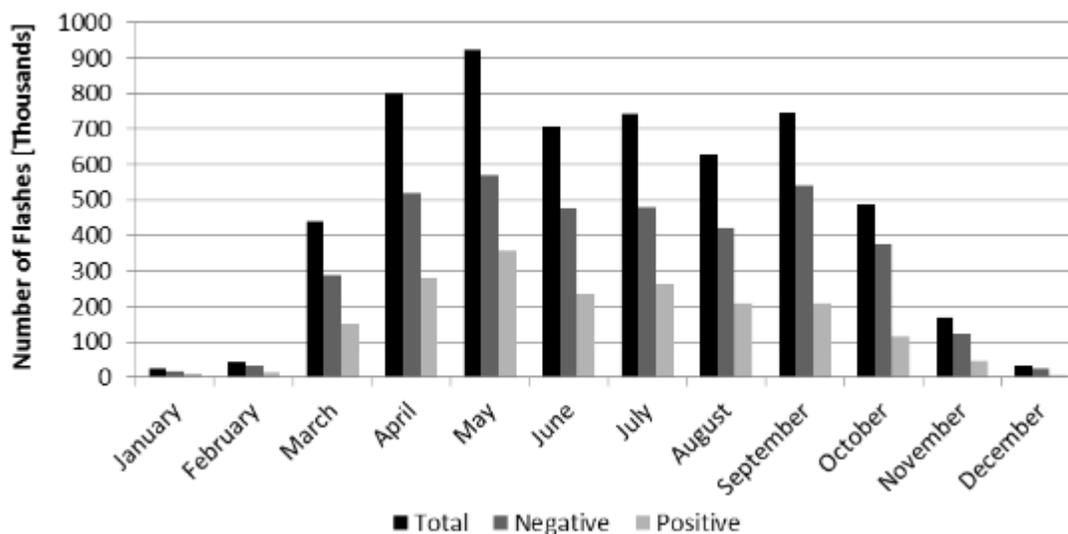


Figura 5.1-65 Variación mensual de rayos en Colombia, 2012

Fuente: Mosquera, 2015

Para Colombia, la ocurrencia de la actividad eléctrica atmosférica durante el año, varía considerablemente tanto de una región a otra, como también de un mes a otro, esto debido a la influencia de varios factores como: el relieve, elevación, latitud, distribución de tierras y mares, radiación solar, pero principalmente por los efectos originados debido a la circulación y sistemas sinópticos de la atmósfera.

Para el área de Ibagué y Piedras, la variable presenta un comportamiento de carácter bimodal, teniendo los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre, como los más significativos coincidiendo con los respectivos períodos lluviosos para la zona. En consecuencia, se presentan entre 9 y 10 días en el primer período, y un poco más alto de 8 a 14 días tormentosos en el segundo período, identificando una vez más que los meses de este último período, no son solamente los más destacados en registros de precipitación, sino también donde se presenta la mayor actividad convectiva y por consiguiente, dando origen a la moderada presencia de tormentas en el área de Ibagué y sus alrededores. Durante el año, el nivel cerámico para la ciudad de Ibagué y Piedras es de 40 tormentas eléctricas en promedio", encontrándose dentro de un rango de amenaza por tormentas eléctricas de carácter bajo (Figura 5.1-66).

Ibagué y Piedras (Tolima)

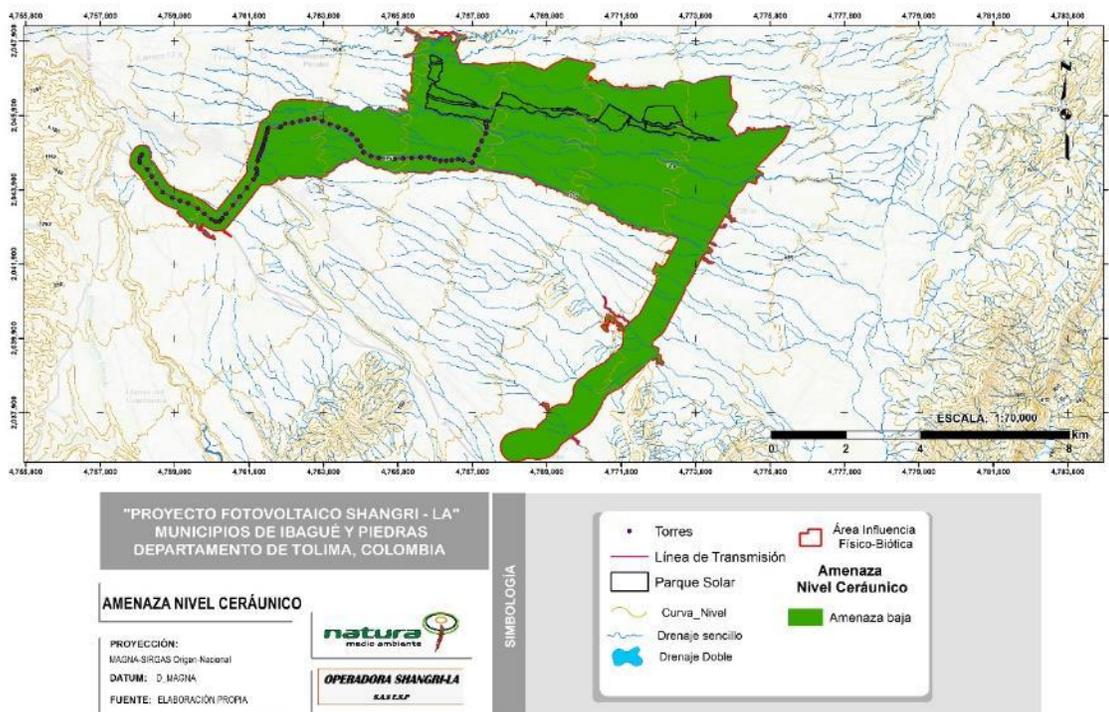


Figura 5.1-66 Amenaza por nivel Cerámico para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3.5.3 Estadísticas generales

La siguiente tabla (Tabla 5.1-24) resume la información total clasificada en la cual se muestra el número total de reportes, reportes relacionados con lesiones a seres vivos, daños físicos y fallas en sistemas eléctricos y electrónicos, también se muestra el número total de seres vivos afectados, en donde se encuentra la cantidad de personas muertas, persona heridas y animales muertos.

Tabla 5.1-24 Número total de reportes, lesiones a seres vivos, daños físicos, fallas en sistemas eléctricos y electrónicos, a personas afectadas, personas muertas.

| TIPO DE DAÑO | LESIONES |
|----------------|----------|
| A SERES VIVOS. | 286 |
| DAÑOS FISICOS | 140 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| TIPO DE DAÑO | LESIONES |
|---|------------|
| FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS | 49 |
| TOTAL | 351 |

Fuente: Mosquera, 2015

En la Figura 5.1-67 , se muestra el número total de reportes de eventos relacionados con rayos, el número total de reportes asociados a lesiones a seres vivos, daños físicos y fallas en sistemas eléctricos y electrónicos. Se puede observar que la gran mayoría de reportes que se encontraron en periódicos virtuales y la base de datos de la DIPSE contienen información referente a lesiones en seres vivos, los cuales representan un 81 % de los reportes, también se identificó que en el 40 % de los casos se relacionan con daños físicos y un 14 % relacionan con fallas en sistemas eléctricos y electrónicos. Es importante aclarar que los reportes en los cuales se presentan daños físicos y fallas en sistemas eléctricos y electrónicos causados por rayos no reflejan completamente la realidad, esto se debe a que tanto los periódicos virtuales y la base de datos de la DIPSE reportan mayoritariamente casos que involucran lesiones a seres humanos. Los daños causados por los rayos sobre los sistemas eléctricos y electrónicos son mucho más altos, ya que investigaciones realizadas han mostrado que entre el 60 % y el 70 % de las fallas en los sistemas de energía eléctrica son causados por los rayos y el número de transformadores de distribución destruidos superan las 15000 unidades cada año. Otros estudios revelan que más del 40 % de las pérdidas de producción de petróleo en Colombia se deben a fallas causadas por rayos en los sistemas de energía.

Ibagué y Piedras (Tolima)

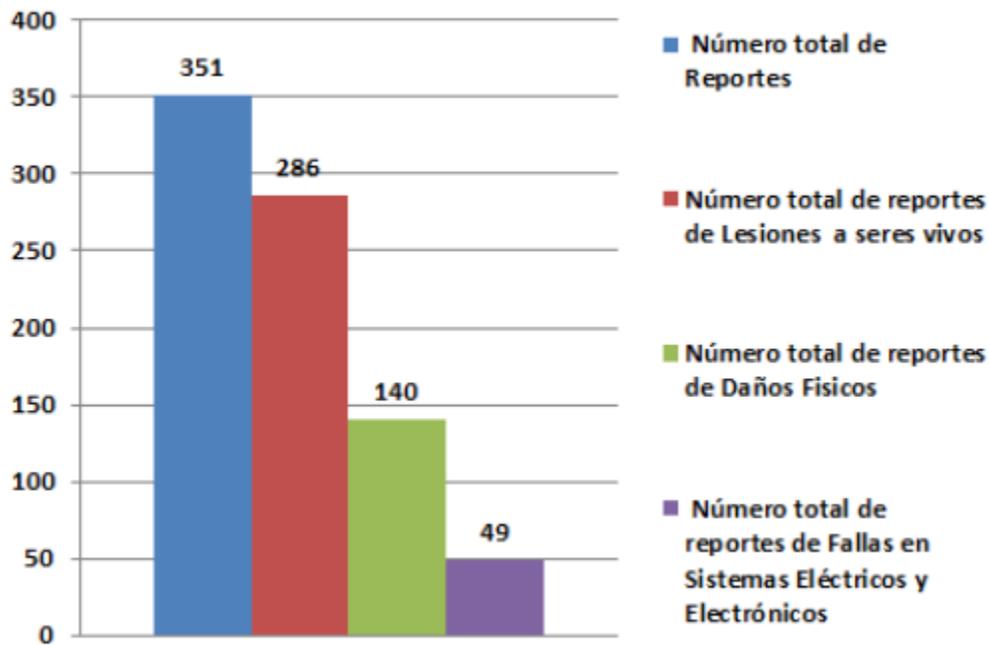


Figura 5.1-67 Número total de reportes, reporte de lesiones a seres vivos, daños físicos y fallas en sistemas eléctricos y electrónicos

Fuente: Mosquera, 2015

5.1.3.5.4 Eventos relacionados por rayos por Departamento

Dentro de la clasificación realizada por departamentos, los departamentos que se encuentran en el top cinco con la mayor cantidad de reportes de eventos de rayos son: Antioquia, Valle del Cauca, Bolívar, Córdoba y Boyacá, la distribución porcentual de los eventos de rayos en estos departamentos es de 15 %, 7 %, 6 %, 6 % y 5 % respectivamente, lo que suma el 38 % de todos los reportes. De igual manera, el top 5 de departamentos en donde se reportan más lesiones a seres vivos son: Antioquia, Córdoba, Bolívar, Boyacá y Cauca obteniéndose una distribución porcentual de 15 %, 7 %, 6 %, 6 % y 6 % respectivamente, sumando un 40 % de todos los reportes relacionados con lesiones a seres vivos. El top 5 de los departamentos con mayores reportes que involucran daños físicos se encuentran Antioquia, Sucre, Córdoba, Valle del Cauca y Cesar, entre estos departamentos se encuentra el 48 % de todos los reportes en los que se involucran daños físicos. El top 5 de los departamentos con más reportes que

involucran fallas en sistemas eléctricos y electrónicos están Antioquia, Sucre, Cesar, Bogotá D.C y Norte de Santander, en estos departamentos se encuentra el 53 % de todos los reportes que involucran fallas en sistemas eléctricos y electrónicos. Por otro lado, los departamentos en los que se encuentra el menor número de reportes de eventos son aquellos situados en la parte sur y occidental del país incluyendo el departamento del Chocó ubicado en la zona noreste.

Para Ibagué y Piedras (Tolima), donde se localiza el área de estudio, se tiene un número de reportes de 5, con lesiones a seres vivos de 3, daños físicos 4, con 4 fallas en sistemas eléctricos y electrónicos.

5.1.3.6 Amenaza erosión o desertización

La amenaza por erosión en el área de influencia fue determinada de acuerdo con el "Estudio Nacional de Degradación de Suelos por Erosión en Colombia", elaborado por el IDEAM en el año 2015, con su respectivo control de campo.

De acuerdo con dicho estudio, la degradación de los suelos y tierras se refiere a la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones ecosistémicos y ambientales, ocasionadas por procesos naturales o antrópicos que, en caso críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (IDEAM, 2004 en IDEAM, 2015). En este sentido, la degradación de los suelos puede ser física, química y biológica. En la degradación física se destaca la erosión y la compactación. En la degradación química se resalta la salinización de los suelos, la acidificación y la contaminación, debida al uso excesivo de riego y fertilizantes y otras actividades. En la degradación biológica, el proceso de degradación más importante es la pérdida de materia orgánica, que influye en la disminución de la actividad biológica.

La erosión de los suelos se define como la pérdida físico-mecánica del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la

reducción de la capacidad productiva de los mismos (Lar, 2001). La erosión es un proceso natural; sin embargo, esta se califica como degradación cuando se presentan actividades antrópicas indebidas que lo aceleran, intensifican y magnifican. Por tanto, la definición de degradación de suelo por erosión, según el protocolo, corresponde a "la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el hombre, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales" (IDEAM-UDCA, 2015).

En general, existen dos tipos de erosión: la hídrica y la eólica. La erosión hídrica es causada por la acción del agua (lluvia, ríos y mares), en las zonas de ladera, cuando el suelo está desnudo (sin cobertura vegetal). En estos casos las gotas de lluvia o el riego, ayudadas por la fuerza gravitacional, arrastran las partículas formando zanjas o cárcavas, e incluso causando movimientos en masa en los cuales se desplaza un gran volumen de suelo. Por otra parte, la erosión eólica es causada por el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo (IDEAM-UDCA, 2015).

En el "Estudio Nacional de Degradación de Suelos por Erosión en Colombia", elaborado por el IDEAM en el año 2015, se presenta una metodología detallada de las diferentes fases, etapas y actividades desarrolladas para la obtención del mapa de erosión para Colombia. En este documento se presenta una clasificación de acuerdo con el tipo de erosión, el grado y la clase (Figura 5.1-68).

Ibagué y Piedras (Tolima)

| TIPO | GRADO | | CLASE |
|-----------------|-------------|----|--------------------------|
| Erosión hídrica | Sin erosión | se | Cárcavas |
| | Ligera | l | Surcos |
| | Moderada | m | Surquillos |
| | Severa | s | Laminar |
| | Muy severa | ms | Terraceo (pata de vaca) |
| Erosión eólica | Sin erosión | se | Laminar |
| | Ligera | l | Ripples |
| | Moderada | m | Dunas |
| | Severa | s | Pavimento desértico |
| | Muy severa | ms | Depresiones de deflación |

Figura 5.1-68 Clasificación de la erosión, según tipo, grado y clase

Fuente: UDCA; et al; 2015

Para el análisis de la zonificación se consideraron los indicadores de magnitud y severidad de la erosión. Se entiende por "magnitud de la erosión" el porcentaje de área de la unidad de análisis afectada por algún grado (ligero, moderado, severo y muy severo) y por "severidad" de la erosión, el porcentaje de área de la unidad de análisis afectada por grados severos. La relación entre el grado de erosión y su importancia se presenta en la **Tabla 5.1-25**.

Tabla 5.1-25 Relación entre grado de la erosión y su importancia

| Grado de Erosión | Definición | Símbolo |
|------------------|--|--|
| Muy severa | Se evidencia pérdida total de los horizontes superficiales y pérdida parcial de los horizontes subsuperficiales. Se presenta cubrimiento continuo de una red de surcos y cárcavas muy profundas. Las funciones y los servicios originados por los suelos como fertilidad, la regulación y almacenamiento de agua, la biodiversidad, entre otros, están completamente destruidos y la vegetación es muy rala o nula. Su restauración es muy difícil, muy costosa y requiere mucho tiempo. |  Muy severa |
| Severa | Los horizontes superficiales del suelo están completamente removidos y los horizontes subsuperficiales expuestos; el color del suelo es más claro debido a la pérdida del horizonte A y queda expuesto el horizonte B. Se observan con frecuencia surcos, calvas |  Severa |

| Grado de Erosión | Definición | Símbolo |
|------------------|--|--|
| | o terraceo y cárcavas con moderada frecuencia. La pérdida del suelo se estima en más del 75% de su espesor. Las funciones y los servicios ecosistémicos originales del suelo se encuentran ampliamente destruidos. | |
| Moderada | Se evidencia remoción de los horizontes superficiales del suelo y la capa superficial del suelo ha perdido espesor. Aparecen en la superficie distintos colores de suelo como producto de la pérdida del horizonte superficial y la exposición de horizontes subsuperficiales. Se aprecian manifestaciones de escurrimiento superficial, surcos, terraceo y pequeñas cárcavas. Se presenta pérdida considerable del horizonte A e incluso en sectores aparece el horizonte B o C. Las funciones y los servicios originales de los suelos se encuentran parcialmente destruidos y se requieren prácticas de conservación y restauración inmediatas. |  <p>Moderada</p> |
| Ligera | Se presenta alguna evidencia de pérdida de suelo en los horizontes superficiales del suelo, por escurrimiento superficial. En varias ocasiones la capa de suelo se adelgaza uniformemente y la pérdida del suelo puede llegar hasta un 25 o 50% del horizonte A, según su espesor. Las funciones y los servicios originales de los suelos comienzan a disminuir y se encuentran poco alterados. Se requiere iniciar o mantener las prácticas de conservación, restauración y manejo de suelos. |  <p>Ligera</p> |
| Sin erosión | Sin procesos de degradación del suelo por erosión; también se expresa como "Sin evidencia". |  <p>Sin erosión</p> |
| No suelo | Otras coberturas terrestres distintas al suelo, tales como zonas urbanas, cuerpos de agua y afloramientos rocosos. |  <p>No suelo</p> |

Fuente: IDEAM, 2015

Con el objetivo de definir el grado de erosión y por ende la amenaza por erosión para el área de estudio, a una escala de detalla 1:10.000, se realizó con ayuda del programa ArcGIS 10.5 y un control de campo, la delimitación de los grados de erosión presentes en el área de estudio. Para esta actividad, se tomó además el mapa de coberturas de

tierras definido para el presente proyecto, así como el mapa de unidades cartográficas de suelo y el mapa de pendientes.

De acuerdo con este análisis se determinaron dos grados de erosión: moderada y sin erosión (Tabla 5.1-26 y Figura 5.1-69).

Tabla 5.1-26 Representatividad del Grado de erosión en el área de estudio

| Grado de erosión | Área de influencia Físico-Biótica (Ha) | % Área de influencia Físico-Biótica |
|------------------|--|-------------------------------------|
| Erosión Moderada | 4848,51 | 97,82 |
| Sin Erosión | 107,88 | 2,18 |
| TOTAL | 4956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Una vez determinado el grado de erosión del suelo en el área de estudio, se realizó la clasificación de acuerdo con la amenaza por erosión. La erosión moderada se asocia con amenaza media y las zonas sin erosión se relacionan con amenaza baja (**Tabla 5.1-27**).

Tabla 5.1-27 Clasificación de amenaza por grado de erosión en el área de influencia

| Grado de erosión | Amenaza por erosión | Área de influencia Físico-Biótica (Ha) | % Área de influencia Físico-Biótica |
|------------------|---------------------|--|-------------------------------------|
| Erosión Moderada | Amenaza Media | 4848,51 | 97,82 |
| Sin Erosión | Amenaza Baja | 107,88 | 2,18 |
| TOTAL | | 4956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

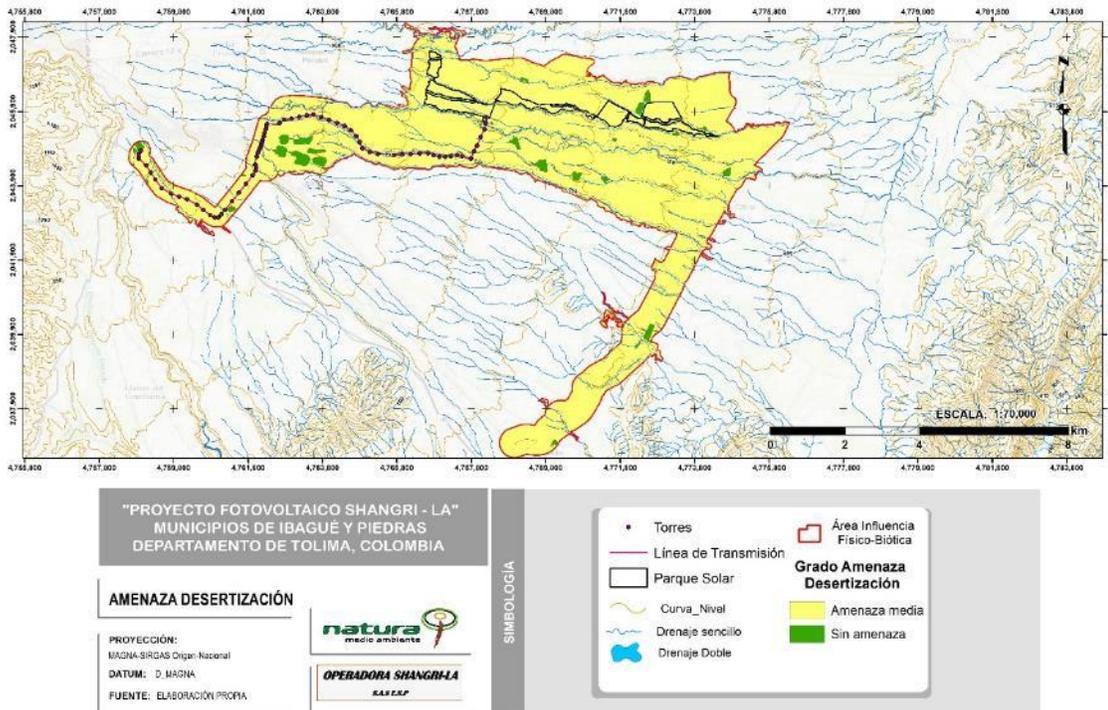


Figura 5.1-69 Amenaza por erosión (Desertización) para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.3.7 Amenaza volcánica

Los volcanes son los puntos donde el calor interno de la Tierra hace subir a la superficie de los continentes y del fondo marino el magma, roca fundida a muy altas temperaturas. (Comunidad Andina, 2009). Este material proviene de las capas más internas de la tierra, emerge por las cordilleras continentales, como los andes o como por las cordilleras submarinas del atlántico, y por los puntos calientes que se localizan por ejemplo en la corteza oceánica en Galápagos o Hawaii. (Comunidad Andina, 2009) Los volcanes continentales asociados con zonas de subducción, representan el 95% de los de la Tierra; hacen parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, la mayor cadena volcánica del mundo. Cuando las placas oceánicas chocan con los continentes se hunden bajo éstos debido a su mayor densidad. En efecto, las rocas de las masas continentales son más ricas en minerales con alto contenido de silicio (como la andesina) y menores contenidos de

hierro y magnesio, lo que las hace más livianas. El hecho de que los volcanes surgidos del hundimiento de una placa no estén cerca del lugar de choque, es decir, la zona de subducción, sino a unos 200 kilómetros de distancia, se debe a que el borde del continente se levanta, se pliega y se fractura y son esas fracturas las que aprovecha el magma para salir a la superficie cuando la capa sumergida se encuentra a unos 100 kilómetros de profundidad. Al sumergirse la placa, arrastra agua con altos contenidos de sales y sedimentos finos que disminuyen el punto de fusión de las rocas de tal manera que, en profundidad, lejos de la zona de subducción, por la fricción y cambios de presión y temperatura, se genera un fluido de rocas caliente que asciende a la superficie gracias a un proceso similar al que ocurre dentro de una olla a presión (los materiales más calientes, fluidos y por lo tanto menos densos tienden a subir). Esto se puede apreciar en la Figura 5.1-70 .

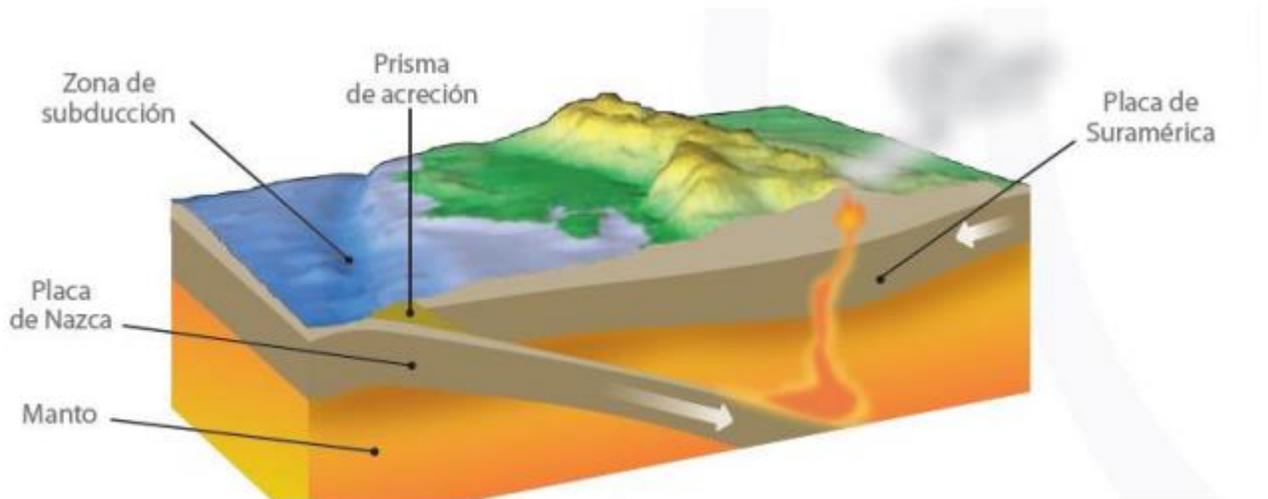


Figura 5.1-70 Esquema de localización general

Fuente Atlas de las dinámicas del territorio Andino. Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, 2009

A partir de la explicación anterior, podemos concluir que los volcanes que se localizan dentro del territorio colombiano se encuentran en la corteza continental, sobre las cordilleras, tal y como se visualiza en la Figura 5.1-71 .

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-71 Ubicación de los volcanes sobre los andes colombianos

Fuente Atlas de las dinámicas del territorio Andino. Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, 2009

En la figura anterior, se aprecia la ubicación de los volcanes sobre los andes colombianos. Ninguno de los cuales se encuentra cercano al área de influencia indirecta del presente proyecto. Dada esta situación y luego de realizar una revisión del nivel de amenaza de los volcanes más importantes del territorio colombiano como lo son: Cerro Negro, Chiles, Cumbal, Galeras, Huila, Machín, Puracé, Ruiz, Santa Isabel y Tolima; fue posible concluir que no existe amenaza volcánica para el área de influencia Físico-Biótica del presente proyecto (Figura 5.1-72).

Ibagué y Piedras (Tolima)

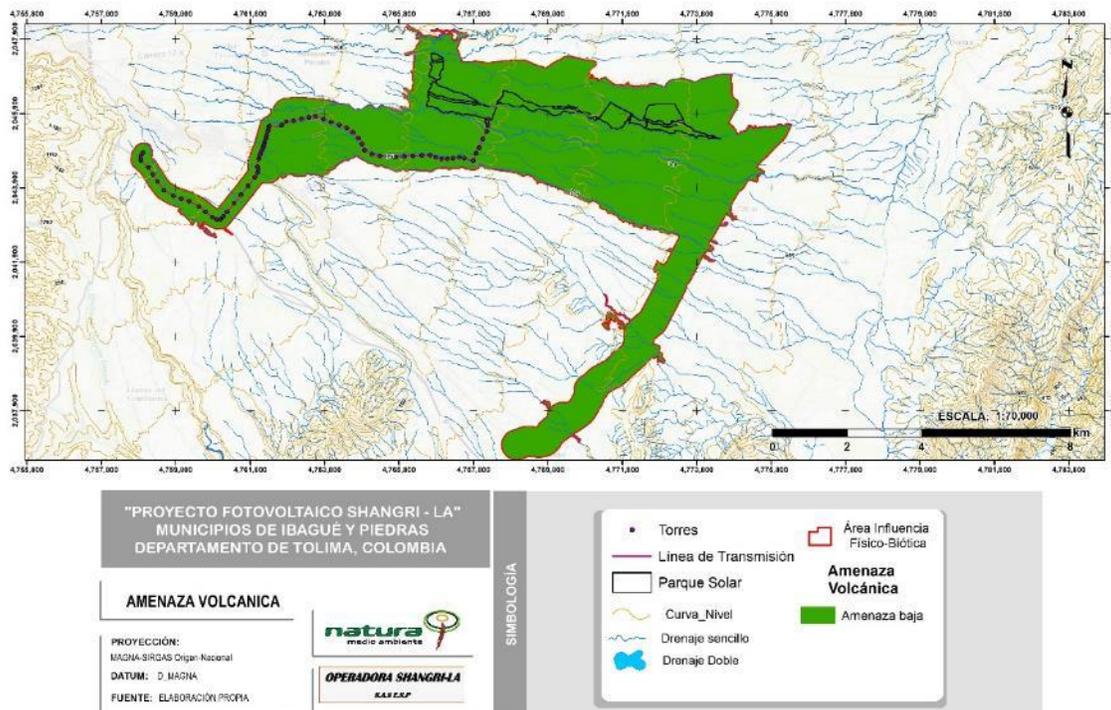


Figura 5.1-72 Amenaza volcánica baja para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4 Geomorfología

La caracterización geomorfológica del área de influencia Físico-Biótica se realizó teniendo en cuenta la metodología de estudios ambientales del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018), para proyectos que contemplan un estudio de impacto ambiental. Se tuvo en cuenta además los nombres propuestos en el Modelo de Almacenamiento Geográfico (Geodatabase) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de acuerdo con la resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016. En este modelo de datos se solicita que, para el componente de geomorfología, se presenten los nombres y rasgos geomorfológicos de acuerdo con la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

La geomorfología, a diferencia de otras disciplinas y ciencias naturales, se debate entre las metodologías y los énfasis propuestos y mantenidos por diversas escuelas en la descripción de los paisajes; usualmente los autores defienden su propuesta como la más adecuada para un objetivo específico y, a partir de esta condición buscan darle una validez universal a ella. Desde los ciclos de erosión de Davis (1846) a la geopoedología de Zinck (2012), la geomorfología estructural de Penck (1890), la geomorfología climática de Tricart (1965), la geomorfología fluvial de Leopold (1963) y la geomorfología tropical de Thomas (1974) son sólo algunas de las propuestas conocidas, alguna de las cuales ha sido pretendido ser calificada como una ruptura epistemológica. Por otra parte las categorías y la terminología geomorfológica son vagas y en no pocas ocasiones confusas: el término mismo geoforma es ambiguo por decir lo menos: en general es aceptado que es rasgo físico reconocible en la superficie de la tierra, con una forma propia característica y que es el resultado de los procesos morfogenéticos que interactúan según el ambiente específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de dichos procesos sobre los materiales y estructuras geológicas que las constituyen; sin embargo queda pendiente la cuestión de la extensión, las geoformas pueden tener una extensión tal que las haga asimilables a unidades geomorfológicas propiamente dichas como sería el caso de artesas, valles, mesetas, llanuras, pueden ser geoformas simples, como es el caso de un thalweg por ejemplo, y geoformas complejas, integradas por diferentes elementos o partes de ellas, como es el caso de un cauce, que comprende: barrancas, fondo, etc. Es preferible reservar este término para rasgos individuales, identificables en cartografía a escalas mayores que 1:10000, como escarpes, terrazas, conos volcánicos, taludes (s.s), abanicos aluviales, etc.

En los términos de referencia y en la guía de este proyecto se encuentra la exigencia de la preparación de dos mapas geomorfológicos, el primero de acuerdo con los lineamientos del Servicio Geológico Colombiano (Carvajal, 2008), el segundo de acuerdo con los lineamientos adoptados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Zinck, 2012). Al comparar estas metodologías puede plantearse una correspondencia entre ellas hasta el nivel de unidades geomorfológicas en la terminología de Carvajal y paisaje en la terminología de Zinck, y más aún en el nivel de las geoformas que corresponden a las

formas de terreno de Zinck. La escala del trabajo permite la delimitación de las Unidades Geomorfológicas o Unidades de Paisaje; en cada caso se hará referencia al nombre particular de la unidad descrita en uno y otro sistema, no así la delimitación de la mayoría de las geoformas o de las formas de terreno que no alcanzan a ser cartografiadas individualmente, sea por cuestión de escala, en el caso de las torres cársicas o cerros pepinos, o porque son geoformas banales por su ubicuidad, como el caso de las terracetitas o de las laderas, y las colinas en las superficies de erosión.

Para la elaboración del mapa de unidades geomorfológicas se tuvo en cuenta varios elementos los cuales en conjunto permitieron obtener una geomorfología completa. Dentro de dichos elementos se encuentra el mapa de pendientes, el mapa de unidades litológicas, el modelo de elevación digital generado a partir de la imagen satelital del proyecto, el modelo de sombras obtenido de dicho modelo y los drenajes actualizados de la zona.

La variedad de las geoformas que se encuentran en esta área, obedece a la interacción dinámica de diferentes factores, ya sean de tipo hidrológico, procesos erosivos, etc., enmarcados dentro de un cambio dinámico a través del tiempo, los cuales modelan el relieve dando como resultado diversos tipos de paisaje. Adicionalmente, la caracterización geomorfológica se desarrolló teniendo en cuenta los análisis a partir de los siguientes aspectos.

- **Morfogénesis:** Involucra la definición del origen de las diferentes geoformas, abarcando las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se formaron. Se establece a partir de los procesos que generaron y modificaron dichas geoformas.
- **Morfografía:** Corresponde a las características o aspectos relacionados con la geometría de las unidades geomorfológicas.

- Morfodinámica: Se centra en los procesos dinámicos externos que actúan sobre la superficie y son los responsables de las modificaciones del relieve y están asociados a la meteorización, erosión, transporte de los materiales y los procesos de remoción en masa.
- Morfoestructura: Corresponde al análisis de las formas desde el punto de vista estructural, que tienen influencia en la conformación del relieve.

5.1.4.1 Clasificación de las unidades geomorfológicas de acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano (SGC)

Para la caracterización geomorfológica del área, se utilizó la jerarquización geomorfológica del SGC (2012)¹, la cual se fundamenta en el análisis de ambientes morfogenéticos a diversas escalas, planteando su implementación de acuerdo a los objetivos del trabajo y definiendo categorías tales como: Geomorfoestructura, Provincia Geomorfológica (1:100.000 a 1:500.000), Región Geomorfológica (1:100.00 a 1:250.000), Unidades y Subunidades Geomorfológicas (1:25.000 a 1:50.000) y Componente Geomorfológico (>1:10.000).

En la Figura 5.1-73 se presenta la jerarquización geomorfológica utilizada para la caracterización del área de estudio. La definición de los componentes del mapa geomorfológico, de acuerdo con la escala de presentación es descrita por el IDEAM (Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos escala 1:100.000):

¹ Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos, Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa, Escala 1:100.000 del SGC (2012), basada en el sistema de levantamiento y mapeo geomorfológico del ITC (International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation), adoptada por INGEOMINAS (2002) sugerido por Velásquez, (1999) e implementada por Carvajal (2002, 2003, 2005) y Carvajal et al. (2003 y 2008).



Figura 5.1-73 Esquema de jerarquización geomorfológica propuesto por el SGC

Fuente: SGC, 2012

- Morfogeoestructuras o Geomorfoestructuras (Escala < 1:2.500.000): Está referida a grandes áreas o amplios espacios continentales o intercontinentales caracterizados por estructuras geológicas y topográficas regionales tales como: Cratones, Escudos, Plataformas, Grandes cuencas, Cinturones Orogénicos y Valles en Rift (CRQ, 2016). El área de estudio se encuentra dentro de Cordillera/Orógeno.
- Provincia geomorfológica (Escala 1:1'000.000 a 1:500.000): Corresponde a conjuntos de regiones con geformas similares definidas por un mismo origen geológico y geomorfológico. En general están determinadas por mega geformas que puede asimilarse a regiones naturales o terrenos geológicos, demarcados por fallas regionales y continentales bien definidas. Dentro de esta clasificación de acuerdo con Carvajal y otros (2003) y Carvajal (2003), e INGEOMINAS (2002) en Colombia se pueden definir como provincias entre otras: Peneplanicies y llanuras de la Orinoquía, Peneplanicies de la Amazonía, Cordilleras (Oriental, Central,

Occidental), Valles Interandinos (Magdalena, Cauca – Patía, Cesar) (CRQ, 2016). El área de estudio se encuentra dentro de la Provincia de Cordillera Central.

- Región geomorfológica (Escala 1:250.000 a 1:500.000): Es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente. Están definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomorfológicos parecidos (Velázquez, 1999; INGEOMINAS, 1999; Verstappen y Van Zuidam, 1992; Carvajal, 2003). Aquí se pueden agrupar áreas equivalentes a vertientes que estén contenidas dentro de una provincia geomorfológica y que representen un ambiente morfogenético particular con condiciones climáticas homogéneas. Entre los ambientes morfogenéticos se encuentran: ambiente morfoestructural, ambiente eólico, ambiente fluvial y lagunar, ambiente volcánico, ambiente glaciario y periglaciario, ambiente denudativo, ambiente marino y costero, ambiente kárstico, ambiente estructural y ambiente antropogénico (CRQ, 2016). El área de estudio se encuentra dentro de la Región de Ambiente Fluvial, Ambiente Volcánico y Ambiente Antropogénico.
- Unidad geomorfológica (Escala 1:50.000 a 1:100.000): Corresponde a los elementos básicos componentes de un paisaje o modelo geomorfológico, los cuales están definidos con criterio genético, morfológico, y geométrico en función de la escala del proceso natural que las conformó. Los ambientes naturales, de acuerdo con su magnitud y estado de desarrollo, pueden reconocerse desde la etapa de erosión, en vía de transporte, y de acumulación. En cada área incide un proceso y una geoforma característica, la cual podrá traducirse en la condición requerida de su aplicación a la ingeniería. Cada área con materiales sometidos a condiciones similares representa una zona homogénea característica y fundamental dentro del paisaje o modelo natural. Como ejemplos de una unidad geomorfológica se pueden tener: estructuras de plegamientos anticlinales y sinclinales, un valle intramontano, etc. (CRQ, 2016). El área de estudio se encuentra dentro de la Unidad de Llanura de Inundación, Lahar y Canteras.

- Subunidad geomorfológica (Escala 1:10.000 a 1: 1:25.000): Esta categoría está definida fundamentalmente por contrastes morfométricos que relacionan el tipo de roca o sedimento con la correspondiente topografía del terreno, y los procesos dinámicos activos. Como ejemplos, los flancos de estructuras anticlinales y sinclinales, los flancos de estructuras de fallas, valles de drenajes principales, etc. (CRQ, 2016). El área de estudio se encuentra dentro de la Subunidad de Llanuras, Ladera Volcánica, Planos de explanación.

La siguiente tabla (**Tabla 5.1-28**) muestra la jerarquización geomorfológica definida para esta zona, de acuerdo con la metodología del SGC. Según la escala del proyecto (1:10.000) se adopta como sistema de trabajo la subunidad geomorfológica. En esta tabla se encuentra diligenciada de acuerdo con los dominios estipulados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Tabla 5.1-28 Jerarquización geomorfológica de acuerdo con SGC para el área de influencia físico-biótica

| Geomorfo Estructura | Provincia | Región | Unidad | Subunidad | Componente | Nombre unidad geomorfológica | Nomenclatura |
|---------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|--------------|
| Cordillera, Orógeno | Cordillera Central | Ambiente Volcánico | Lahar | Ladera volcánica | Cuello Volcánico | Lahar | Vlh |
| | | Ambiente Fluvial | Llanura de inundación | Llanuras | Cauces | Vallecito | Fva |
| | | Ambiente Antropogénico | Canteras | Ladera volcánica | Flancos | Cantera | Aca |
| | | | Lahar | Planos de explanación | Flancos | Superficie de explanación | Ase |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Geomorfo Estructura | Provincia | Región | Unidad | Subunidad | Componente | Nombre unidad geomorfológica | Nomenclatura |
|---------------------|-----------|--------|--------|-----------|------------|------------------------------|--------------|
| | | | | | Canales | Embalses y/o Jagüeyes | Aex t |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La distribución de las unidades geomorfológicas dentro del área de influencia Físico-Biótica, de acuerdo con la metodología del Servicio Geológico Colombiano se presenta a continuación en la Figura 5.1-74 .

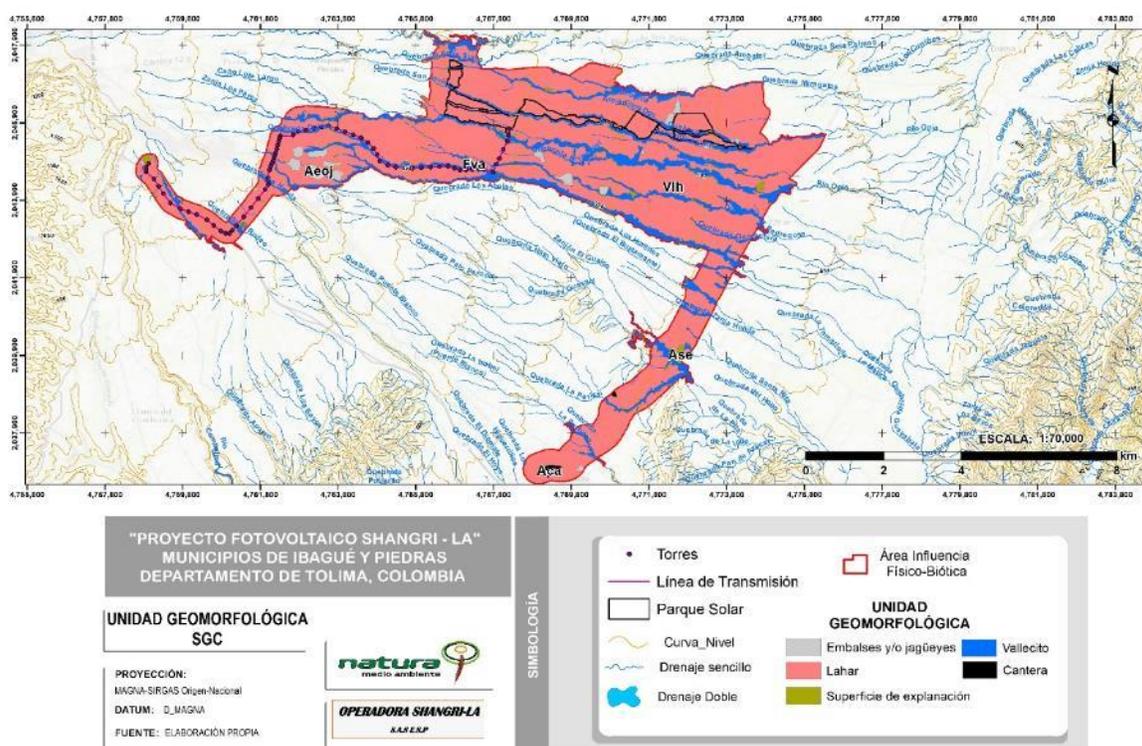


Figura 5.1-74 Distribución de las unidades geomorfológicas de acuerdo con la metodología del SGC para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El área ocupada por cada unidad geomorfológica de acuerdo con el SGC, se presenta a continuación (**Tabla 5.1-29**)

Tabla 5.1-29 Área ocupada por cada unidad geomorfológica de acuerdo con el SGC para el área de influencia Físico-Biótica

| Paisaje | Atributo del paisaje | Tipo de relieve | Forma del terreno | Unidad geomorfológica | Fotografía | Símbolo | AIFB | |
|--------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|--|---------|-----------------|---------------|
| | | | | | | | ha | % |
| Abanico | Volcánico | Llanura de inundación | Abanico | Lahar |  | Vlh | 4.020,21 | 81,11 |
| | | | | Vallecito |  | Fva | 816,17 | 16,47 |
| Antrópico | Antrópico | Colinado | Abanicos | Cantera |  | Aca | 12,13 | 0,24 |
| | | | | Superficie de explanación |  | Ase | 24,02 | 0,48 |
| | | | | Embalses y/o Jagüeyes |  | Aej | 83,86 | 1,69 |
| TOTAL | | | | | | | 4.956,39 | 100,00 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En términos de extensión, la unidad geomorfológica más importante corresponde al Lahar, puesto que representan el 81,11% del área de influencia físico-biótica. Por su parte, el Vallecito ocupa el 16,47% de dicha área. Las unidades menos representativas se asocian con las unidades antropogénicas de Cantera, Superficie de explanación y los Embalses y/o Jagüeyes. Estas unidades antropogénicas representan el 2,41% del área de influencia Físico-Biótica.

5.1.4.2 Geomorfología con criterios edafológicos

El enfoque geomorfológico con criterios edafológicos, conocido como geopedología, puede significar realmente estudio de la formación de los suelos apoyado en la geomorfología como factor estructurante mayor del paisaje pedológico, bajo el supuesto que la geomorfología cubre una amplia parte de las condiciones físicas de formación de los suelos (Zinck, 2012); el término geopedología estrictamente es una contracción de geomorfopedología. En todo caso se ha procedido a elaborar la cartografía geomorfológica con la metodología y la terminología propuesta por este autor y adoptada por el IGAC. En términos de Zinck (2012) "las relaciones entre geomorfología y pedología como disciplinas científicas, y entre geoformas y suelos como objetos de estudio de estas disciplinas, pueden enfocarse desde dos puntos de vista de acuerdo con el centro de interés y el peso que se le dé a una u otra disciplina. En un caso se pone el énfasis en el estudio de las geoformas y se usa información pedológica para contribuir a resolver cuestiones de índole geomorfológica como, por ejemplo, caracterizar las geoformas o estimar la evolución del paisaje. Literalmente este enfoque corresponde a la expresión soil geomorphology, o pedogeomorfología.

En el otro caso el interés se centra en el estudio de la formación, evolución, distribución, y cartografía de los suelos con la contribución de la geomorfología. Literalmente, este enfoque corresponde a la geomorfopedología y su contracción geopedología. "En este caso se trata de elaborar la cartografía geomorfológica con los criterios y la terminología de la propuesta de Zinck, que puede ser utilizada en la elaboración de la cartografía

edafológica. El enfoque geopedológico en palabras del autor pone énfasis en la lectura del paisaje como insumo de la cartografía edafológica y a la interpretación de las relaciones entre geoformas y suelos. Las categorías básicas de la cartografía en este método están definidas así:

- **Geoestructura:** Extensa porción continental caracterizada por su macroestructura geológica, i.e: cordillera, geosinclinal, escudo. La geoestructura es el último nivel de abstracción en el sistema propuesto por Zinck (2012) y comprende cordilleras, geosinclinales y escudos.
- **Ambiente morfogenético:** Área extensa caracterizada por un medio biofísico controlado por unos estilos propios de geodinámica y morfogénesis (ambiente estructural, deposicional, erosional, solucional).
- **Paisaje:** Categoría cartográfica definida como una amplia porción de terreno caracterizada por sus rasgos fisiográficos; corresponde a una repetición de tipos de relieve similares o a una asociación de tipos de relieve disímiles. Las unidades de paisaje en este sistema comprenden taxativamente: valle, planicie, altiplanicie, peneplanicie, lomerío, montaña, piedemonte.
- **Litología/Facies:** Categoría cartográfica definida por las características de las rocas (p.e. gneis, caliza, etc.) o por la naturaleza/origen del regolito (p.e. periglacial, lacustre, aluvial, etc).
- **Relieve:** Categoría cartográfica definida por un conjunto de rasgos del terreno cuyo origen se considera controlado por la estructura (p.e. cuesta) y usada conjuntamente con la categoría modelado, esta última en el sentido de geoforma determinada por condiciones morfoclimáticas (p.e. glacis, abanico, terraza, delta) para definir unidades cartográficas de tercer nivel de complejidad o abstracción en la propuesta de Zinck (2012).

- **Modelado:** Categoría cartográfica que agrupa un conjunto de elementos determinados por específicas condiciones morfoclimáticas o procesos morfogenéticos (p.e. glacis, terraza, delta, etc.), y utilizada conjuntamente con la categoría relieve como conjunto de rasgos del terreno cuyo origen se considera controlado por la estructura (p.e. cuesta) para definir unidades cartográficas de tercer nivel de complejidad o abstracción. Los elementos de relieve/modelado pueden ser agrupados en categorías según los mecanismos que intervienen en su formación: estructural, erosional, deposicional, disolucional y residual.
- **Forma del terreno:** Sinónimo de geoforma; categoría cartográfica básica en el sistema propuesto por Zinck (2012), definida como una extensión de terreno con una forma propia característica reconocible en la superficie de la tierra, como escarpes, terrazas, taludes (s.s), diques naturales, etc., y representable a escalas 1:10000 o mayores.

La Tabla 5.1-30 muestra la jerarquización geomorfológica de acuerdo con los nombres propuestos por el IGAC.

Tabla 5.1-30 Jerarquización geomorfológica de acuerdo con IGAC para el área de influencia físico-biótica

| GEOESTRUCTURA | AMBIENTE MORFOGÉNÉTICO | PAISAJE | TIPO RELIEVE | MATERIAL PARENTAL LITOLÓGICA | MATERIAL PARENTAL FACIES | FORMA DEL TERRENO | NOMBRE UNIDAD GEOMORFOLÓGICA | NOMENCLATURA |
|---------------|------------------------|---------|----------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------|
| Cordillera | Ambiente Depositional | Valle | Cono Volcánico | Ígneas Extrusivas | Volcánico | Flujo fluvio volcánico | Abanico | Ab |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| GEOESTRUCTURA | AMBIENTE MORFOGÉNETICO | PAISAJE | TIPO RELIEVE | MATERIAL PARENTAL LITOLÓGICA | MATERIAL PARENTAL FACIES | FORMA DEL TERRENO | NOMBRE UNIDAD GEOMORFOLÓGICA | NOMENCLATURA |
|---------------|------------------------|---------|--------------|------------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------------|--------------|
| | | | Llanura | Sedimentarias clásticas | Aluvial | Vallecito | Vallecito | Villa |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La distribución de las unidades geomorfológicas de acuerdo con la metodología del IGAC, para el área de influencia Físico-Biótica, se presenta a continuación en la Figura 5.1-75 .

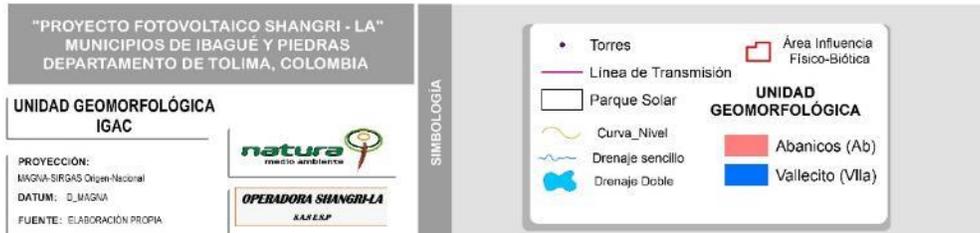
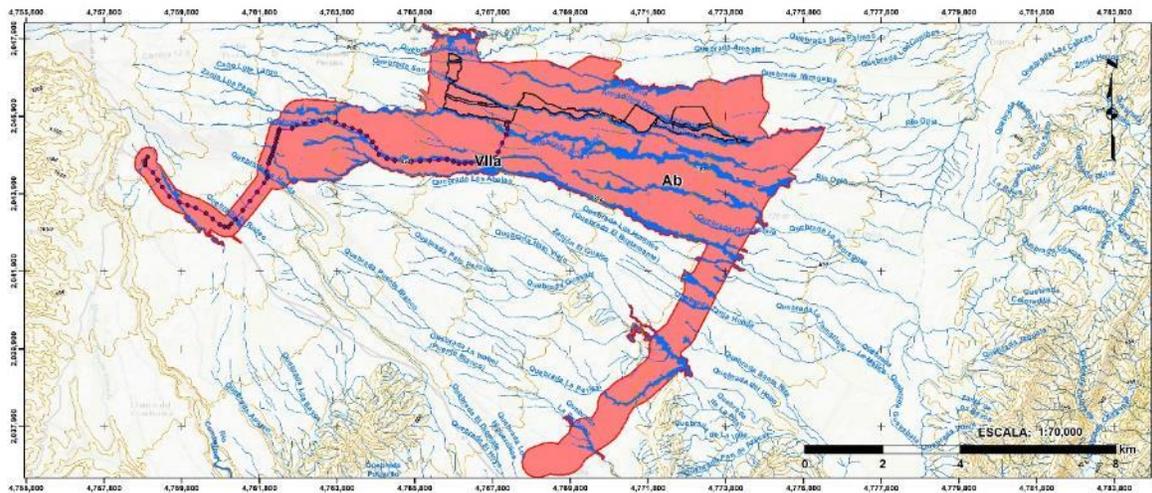


Figura 5.1-75 Distribución de las unidades geomorfológicas de acuerdo con la metodología del SGC para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El área ocupada por cada unidad geomorfológica de acuerdo con el IGAC para el área de influencia Físico-Biótica se presenta a continuación (Tabla 5.1-31).

Tabla 5.1-31 Área ocupada por cada unidad geomorfológica de acuerdo con el SGC para el área de influencia Físico-Biótica

| Paisaje | Atributo del paisaje | Tipo de relieve | Forma del terreno | Unidad geomorfológica | Fotografía | Símbolo | AIFB | |
|--------------|----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--|---------|-----------------|---------------|
| | | | | | | | ha | % |
| Abanico | Volcánico | Valle | Cono Volcánico | Abanico |  | Ab | 4.139,79 | 83,52 |
| | | | Llanura | Vallecito |  | Fva | 816,60 | 16,48 |
| TOTAL | | | | | | | 4.956,39 | 100,00 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En términos de extensión, la unidad geomorfológica más importante corresponde a los Abanicos, puesto que representan el 83,52% del área de influencia físico-biótica. Por su parte, el Vallecito ocupa el 16,48% de dicha área. Tal y como se mencionó anteriormente, la metodología del IGAC, no clasifica unidades de ambiente antropogénico.

En términos generales la categorización geomorfológica definida para el área de estudio a partir de la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) determina una gran homogeneidad entre sí. De acuerdo con estas metodologías dentro del área de estudio se tienen dos (2) unidades

geomorfológicas iguales, teniendo en cuenta la aplicación de las dos metodologías: Abanico (Lahar) y Vallecito. Estas unidades fueron originadas a partir de un ambiente Volcánico y Fluvial. Sin embargo, existen tres unidades denominadas como Cantera, Superficie de Explanación y Embalases y/o Jagüeyes, las cuales no fueron definidas por la metodología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, ya que dicha metodología no tiene en cuenta las unidades asociadas con ambiente antropogénico.

La delimitación de estas unidades geomorfológicas fue realizada a partir de la imagen satelital del proyecto, con su respectivo control de campo, así como con las coberturas de tierra definidas para el presente estudio.

5.1.4.3 Morfogénesis

La morfogénesis explica el origen de las formas del terreno, es decir las causas y procesos que dieron inicio a las geoformas; en este sentido, el origen de una geoforma depende de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre, en diferentes proporciones e intensidades durante intervalos de tiempo geológico.

Los sistemas morfogénicos explican el origen de la gran variedad de geoformas existentes en el territorio nacional; cada sistema morfogénico refleja la reunión de variables litológicas, topográficas, bioclimáticas, cobertura vegetal y uso, donde cada unidad tiene una dinámica y evolución particulares.

El ambiente geomorfológico en el área de influencia físico-biótica es principalmente de tipo volcánico, influenciado por la actividad volcánica característico de la Cordillera Central de Colombia.

Dentro del área de influencia físico-biótica, también se hacen presentes ambientes geomorfológicos de tipo Fluvial, asociado con las principales quebradas y ríos dentro de la zona caracterizada.

En la Tabla 5.1-32, se presentan las descripciones de las unidades geomorfológicas dentro del área de estudio.

Tabla 5.1-32 Unidades geomorfológicas del área de estudio

| Ambiente morfogenético | Unidad geomorfológica SGC | Unidad geomorfológica IGAC | Morfología, morfografía, drenaje | Símbolo | Morfodinámica |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|---|------------|---|
| VOLCÁNICO | Lahar | Abanico | Corresponde a los abanicos recientes de Ibagué, de clima cálido seco, localizados a altitudes entre 300 a 600 m. La Precipitación promedio anual es inferior a 1200 mm y la temperatura superior a 24C. El material parental está constituido por flujos de lodos provenientes de los volcanes de Tolima y Santa Isabel y por aluviones heterométricos. El relieve es ligeramente inclinado y ondulado con pendientes de 1-3-12%; se observa una disección profunda labrada por los caños que descienden de la cordillera. | Vlh | Los suelos están afectados por erosión ligera y moderada. |
| FLUVIAL | Vallecito | Vallecito | Superficies semiplanas a planas, a manera de | FVa | Erosión baja, moderada. |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Ambiente morfogenético | Unidad geomorfológica SGC | Unidad geomorfológica IGAC | Morfología, morfografía, drenaje | Símbolo | Morfodinámica |
|------------------------|---------------------------|----------------------------------|--|------------|---|
| | | | <p>franjas elongadas paralelas a las corrientes de agua (río y principales quebradas) marcan un relieve deprimido y bajo, plano a ligeramente inclinado, eventualmente inundable por desborde del río. Pendientes del 1-3% y del 3-7%, ocurrencia de proceso fluvio-erosivos. Constituida por sedimentos de diferentes granulometrías producto de procesos fluvio-torrenciales depositados cuando las crecidas periódicas inundan valles amplios y llanos.</p> | | |
| ANTRÓPOGÉNICO | Superficie de explanación | No definida con esta metodología | Geoforma de origen antrópico asociado con el desarrollo industrial presente en el área de influencia Físico-Biótica | Ase | Erosión laminar, en surcos, barrancos. |
| | Cantera | No definida con esta metodología | Geoforma asociada con antiguas zonas de explotación de material. | Aca | Presencia de fenómenos de remoción en masa, |

| Ambiente morfogenético | Unidad geomorfológica SGC | Unidad geomorfológica IGAC | Morfología, morfografía, drenaje | Símbolo | Morfodinámica |
|------------------------|---------------------------|----------------------------------|---|-------------|--|
| | | | | | caídas de bloques. |
| | Embalses y/o Jagüeyes | No definida con esta metodología | Geoforma de origen antrópico donde se extrae y acumula agua para la utilización de actividades agropecuarias. | Aeoj | Erosión incipiente y socavación local de cauces. |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.3.1 Ambiente Volcánico

5.1.4.3.1.1 Lahar (Metodología SGC) o Abanico (Metodología IGAC)

El abanico aluvial de Ibagué cubre un área de aproximadamente 4.020,21 hectáreas equivalente al 81,11% del área de influencia Físico-Biótica del presente proyecto.

Es la más grande y espectacular manifestación de la intensa actividad glaciovolcánica de la Cordillera Central, durante el Holoceno y Pleistoceno. Estos abanicos constan de una acumulación de "lahares", flujos de escombros, flujos de lodo, conglomerados generalmente de origen volcánico y capas de cenizas transportadas con un espesor total hasta de 210 m (Hans et al, 1984).

Todo el conjunto forma una amplia superficie suavemente inclinada unos 5 cm dos hacia el oriente, extendiéndose con dirección Este desde la Cordillera Central, hasta las colinas que lo separan del río Magdalena, cuyo curso corre al pie de la Cordillera Oriental. Esta superficie, ligeramente inclinada, con una tenue ondulación, presenta un patrón de drenaje típicamente dicotómico, con algunos valles meándricos, contorsionados y encajonados hasta 40 m por debajo del nivel superficial (Hans et al, 1984).

Ibagué y Piedras (Tolima)

Corresponde a la geoforma de Abanico de Ibagué, de clima cálido seco, localizados a altitudes entre 300 a 600 m. La precipitación promedio anual es inferior a 1200 mm y la temperatura superior a 24C. El material parental está constituido por flujos de lodos provenientes de los volcanes de Tolima y Santa Isabel y por aluviones heterométricos. El relieve es ligeramente inclinado y ondulado con pendientes de 1-3-12%; se observa una disección profunda labrada por los caños que descienden de la cordillera. Los suelos están afectados por erosión ligera y moderada.



Figura 5.1-76 Geoformas planas asociadas con la unidad de Abanico ó Lahar.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El material parental está constituido por flujos de lodos provenientes de los volcanes de Tolima y Santa Isabel y por aluviones heterométricos. El relieve es ligeramente inclinado y ondulado con pendientes de 1-3-12%; se observa una disección profunda labrada por los caños que descienden de la cordillera. Los suelos están afectados por erosión ligera y moderada. Actualmente están utilizados en ganadera extensiva y en cultivos de arroz, sorgo y maíz; pero la baja disponibilidad de agua, la poca profundidad de los suelos y la presencia, en muchos sitios, de abundante piedra y cascajo, limitan la actividad agrícola (Figura 5.1-76 a Figura 5.1-78).

Ibagué y Piedras (Tolima)

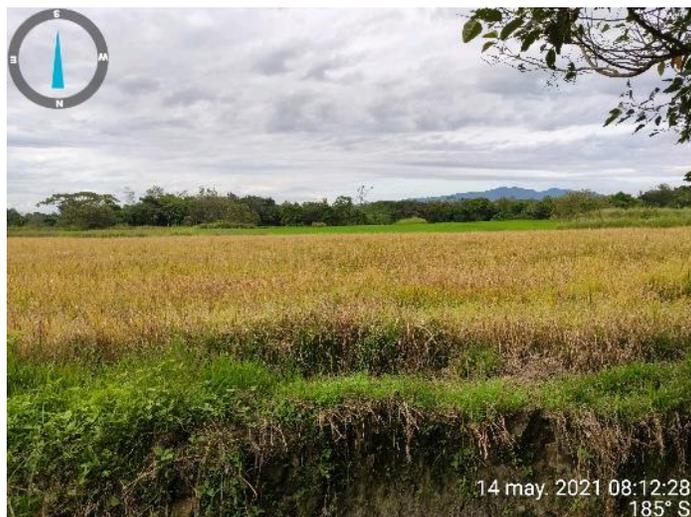


Figura 5.1-77 Geoforma Abanico (IGAC) o Lahar (SGC) dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-78 Geoforma Abanico (IGAC) o Lahar (SGC) dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.3.2 Ambiente fluvial

5.1.4.3.2.1 Vallecito

La unidad geomorfológica de Vallecito representa el 16,47% del área de influencia Físico-Biótica, asociado con las principales quebradas dentro del área de estudio (Figura 5.1-79). Las principales quebradas que conforman esta unidad geomorfológica se denominan Agua Sucia, Honda, Guacarí, Doima, La Pedregosa, Armadillos Dos, Ambafer, así como el río Opía y río Chipalo.

Esta unidad presenta topografía plana y conforma extensas llanuras de inundación y terrazas bajas originadas por la dinámica fluvial de la red de drenaje que conforma el área de estudio y el transporte de sedimentos procedentes de la Cordillera Central. Estas llanuras con depósitos recientes forman parte de abanicos aluviales con ápices dispuestos en el piedemonte de la Cordillera Central. Están comprendidas entre los 250 a 400 m.s.n.m.

Geológicamente se asocian con los Depósitos Aluviales Recientes, los cuales se encuentran relacionados con la cobertura de Bosque de galería y ripario, se asocian con ambiente fluviales.

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-79 Geoforma Vallecito dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El Vallecito es de origen fluvial presenta una superficie plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales a los cuales se encuentra asociado.

Corresponde a extensiones planas con pendientes muy bajas; en superficies estrechas y alargadas paralelas a una corriente de agua. Se encuentra constituida por sedimentos de lodos y arenas aportados por las principales quebradas dentro del área de estudio (Figura 5.1-80 a Figura 5.1-82).



Figura 5.1-80 Geoforma Vallecito dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-81 Geoforma Vallecito dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-82 Geoforma de Vallecito

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.3.3 Ambiente antropogénico

5.1.4.3.3.1 Superficie de explanación

La subunidad se encuentra ocupando el 0,48% en el área de influencia físico-biótica, asociada con las zonas industriales, donde se desarrolla la actividad relacionada con el cultivo de arroz. Esta unidad se forma en un ambiente antrópico.

Corresponden a Planos de allanamiento hecho en laderas de sustrato rocoso y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno.

Esta geoforma se presentan pendientes 0-1% que corresponden a una superficie plana (Figura 5.1-83 y Figura 5.1-84).



Figura 5.1-83 Geoforma de superficie de explanación

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-84 Geoforma de superficie de explanación

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.3.3.2 Cantera

Corresponde a una subunidad geomorfológica originada por un proceso antrópico. La Cantera, es una explotación minera, a cielo abierto, de donde se extrae material para la fabricación de cemento. Se identificó dicha unidad geomorfológica sobre la vía de acceso Buenos Aires-Doima. Debido a su alta intervención antrópica las pendientes han sido modificadas, puesto que se realizan cortes sobre los taludes, para una mejor extracción del material. Se presentan pendientes que varían entre ligeramente inclinada (7-12%) hasta fuertemente inclinada (12-25%). La ocurrencia de procesos erosivos tipo surcos, barrancos y cárcavas son muy comunes en esta subunidad geomorfológica; esta situación se debe a la baja densidad de individuos arbóreos.

La unidad se encuentra ocupando el 0,48% en el área de influencia físico-biótica, asociada con empresas que realizan la extracción de material para la fabricación de cemento, Figura 5.1-85 .

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-85 Geoforma de Cantera

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.3.3.3 Embalses y/o Jagüeyes

La unidad geomorfológica de Embalses y/o Jagüeyes se asocian con los sistemas lénticos. Los sistemas lénticos son cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir, como, las lagunas, los jagüeyes, y los pantanos, entre otros. Por lo general tienen poca profundidad y pueden ser naturales o artificiales. Para el área de estudio, se registraron solo cuerpos de agua artificiales, por esta razón, se denominan Embalses y/o Jagüeyes.

En general, se encontraron cuerpos de agua artificiales del tipo jagüey, construidos como infraestructura para la actividad arrocera predominante en el área de influencia. Esta unidad geomorfológica ocupa el 1,69% del área de influencia Físico-Biótica, de acuerdo con la metodología del SGC, (Figura 5.1-86 a Figura 5.1-88).

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-86 Geoforma de Embalse y/o Jagüey

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-87 Geoforma de Embalse y/o Jagüey

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-88 Geoforma de Embalse y/o Jagüey

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.4 Morfografía

Las propiedades morfológicas de las geoformas, son atributos cuantitativos del paisaje y están derivados de la elevación del terreno y de la red de drenaje que lo acompaña. Para el análisis y clasificación morfológica se hace uso del procesamiento digital de imágenes satelitales y generación y categorización de modelos digitales de elevación a diferentes escalas, para así obtener los valores de los parámetros geomorfológicos descriptivos como lo son: El relieve relativo, la inclinación, longitud y formas de las laderas.

5.1.4.4.1 Inclinación de las laderas

La inclinación de las laderas, se realizó a partir del modelo de elevación digital del terreno (DEM), mediante el software ArcGIS. Los rangos de pendientes fueron establecidos teniendo en cuenta el Modelo de Almacenamiento Geográfico (Geodatabase) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de acuerdo con la resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016. Se definieron nueve (9) rangos de pendientes (en porcentaje), clasificados como a nivel (0-1%), ligeramente plana (1-3%), ligeramente inclinada (3-7%),

moderadamente inclinada (7-12%), fuertemente inclinada (12-25%), ligeramente escarpada o ligeramente empinada (25-50%), moderadamente escarpada o moderadamente empinada (50-75%), fuertemente empinada (75-100%) y totalmente escarpada (> 100%). Los rangos de pendientes para el área de estudio se presentan en la Tabla 5.1-33.

Tabla 5.1-33 Rango de pendientes para el área de estudio

| Porcentaje | Descripción | Al Físico-Biótica (Ha) | % Al Físico-Biótica |
|--------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 0 - 1 % | a nivel | 279,54 | 5,64 |
| 1 - 3 % | ligeramente plana | 3.547,30 | 71,57 |
| 3 - 7 % | ligeramente inclinada | 1.086,94 | 21,93 |
| 7 - 12 % | moderadamente inclinada | 40,16 | 0,81 |
| 12 - 25 % | fuertemente inclinada | 2,44 | 0,05 |
| 25 - 50 % | ligeramente empinada | 0,00 | 0,00 |
| 50 - 75 % | moderadamente empinada | 0,00 | 0,00 |
| 75 - 100 % | fuertemente empinada | 0,00 | 0,00 |
| > 100 % | totalmente escarpada | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL | | 4.956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El mapa de pendientes (Figura 5.1-89), permite apreciar que en el 71,57% del área de influencia Físico-Biótica predominan pendientes ligeramente planas es decir del 1-3%, mientras que en el 21,93% se tienen pendientes ligeramente inclinadas (3-7%). Las bajas pendientes se asocian con el ambiente fluvial, volcánico y antropogénico presente en la zona de estudio. Las pendientes más fuertes, es decir las fuertemente inclinadas (12-25%), representan el 0,05% del área de influencia Físico-Biótica, asociada con geformas de ambiente antropogénico de Cantera.

Ibagué y Piedras (Tolima)

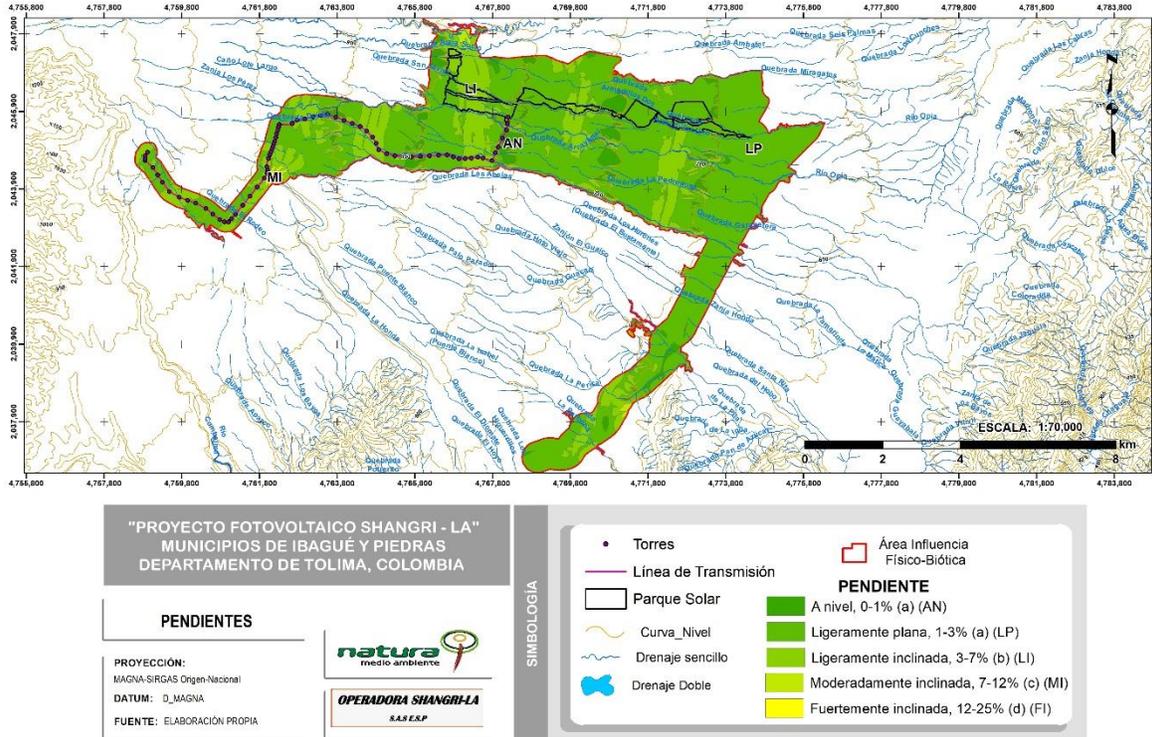


Figura 5.1-89 Distribución de las pendientes dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Algunas de las fotografías que muestran el rango de pendientes dentro del área de estudio se presentan a continuación (Figura 5.1-90 a Figura 5.1-93)



Figura 5.1-90 Pendientes ligeramente planas dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-91 Bajas pendientes dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-92 pendientes moderadas dentro del área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

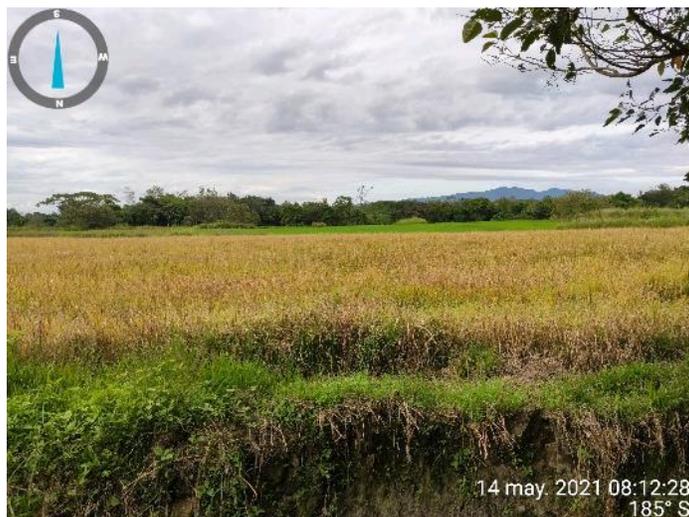


Figura 5.1-93 Pendientes a Nivel

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.4.2 Grado de inclinación

El grado de inclinación (o porcentaje) se relaciona además con el tipo de material que conforma la unidad geomorfológica y con la susceptibilidad a la formación de movimientos en masa (SGC, 2012). En el área de influencia Físico-Biótica, el grado de inclinación de las laderas es menor a 10° (en un porcentaje superior al 90%), por tanto, de acuerdo con la "Propuesta metodológica para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa" del SGC (2012) corresponde a un material muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa (Tabla 5.1-34).

Tabla 5.1-34 Rango de inclinación de las laderas

| Inclinación (°) | Descripción | Características del material y comportamiento |
|-----------------|------------------------------|---|
| < 5 | Plana a suavemente inclinada | Muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa |
| 6 - 10 | Inclinada | Blanda y baja movimientos en masa |
| 11 - 15 | Muy inclinada | Moderadamente blanda y moderada susceptibilidad a movimientos en masa |

| Inclinación (°) | Descripción | Características del material y comportamiento |
|-----------------|---------------|---|
| 16 - 20 | Abrupta | Moderadamente resistente y moderada susceptibilidad a movimientos en masa |
| 21 - 30 | Muy abrupta | Resistente y Alta susceptibilidad a movimientos en masa |
| 31 - 45 | Escarpada | Muy resistente y Alta susceptibilidad a movimientos en masa |
| > 45 | Muy escarpada | Extremadamente resistente, baja susceptibilidad a movimientos en masa |

Fuente: SGC, 2012.

5.1.4.4.3 Longitud de la ladera

Indicador de homogeneidad del material constitutivo de las geoformas; puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de procesos morfodinámicos (SGC, 2012). A partir de las observaciones en campo y los análisis fotogeológicos se determinó que en promedio la longitud de las laderas del área de estudio, oscilan entre 1000-2500 m, lo que corresponde a laderas muy largas (Tabla 5.1-35 y Figura 5.1-94 - Figura 5.1-95).

Tabla 5.1-35 Rango de longitud de la ladera

| Longitud (M) | Descripción |
|---------------|----------------------|
| < 50 | Muy corta |
| 50 - 250 | Corta |
| 250 - 500 | Moderadamente larga |
| 500 - 1.000 | Larga |
| 1.000 - 2.500 | Muy larga |
| > 2.500 | Extremadamente larga |

Fuente: SGC (2012)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-94 Laderas muy largas dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-95 Laderas muy largas dentro del área de estudio (superior a 1 Km)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.4.4 Forma de la ladera

Corresponde a la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia o control de estructuras geológicas. También condiciona los tipos de movimiento en masa

que pueden desarrollarse en una ladera. Es común relacionar movimientos rotacionales a pendientes cóncavas y convexas; y movimientos planares a pendientes rectas controladas estructuralmente o movimientos complejos a pendientes irregulares (SGC, 2012).

El área del proyecto se caracteriza por poseer laderas muy largas (entre 1000-2500 m) y pendientes entre el 0 al 25%, predominando las pendientes entre el 0-7%, con el 99,14% de dicha zona. En este sentido y de acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano, el área de estudio en el caso de que se presenten movimientos en masa se relaciona como movimientos traslacionales Tabla 5.1-36.

Tabla 5.1-36 Rango de forma de ladera

| Clase | Características del material | Movimientos de masa asociados |
|------------------------|---|---|
| Recta | Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente | Movimiento traslacional |
| Cóncava | Material blando y disposición estructural no diferenciado | Deslizamiento rotacional |
| Convexa | Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal | Predomina meteorización y erosión. Pequeños deslizamientos rotacionales |
| Irregular o escalonada | Materiales con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente | Cáida de bloques, erosión diferencial |
| Compleja | Mezcla de materiales. Disposición estructural no definida | Deslizamientos complejos |

Fuente: SGC (2012)

5.1.4.5 Morfodinámica

El análisis morfodinámico consiste en identificar, cartografiar, evaluar y zonificar las áreas con presencia actual de meteorización, erosión y/o eventos de remoción en masa. Los anteriores procesos modifican las geoformas y son consecuencia de la acción de agentes geodinámicos, tales como la gravedad, el agua lluvia, la escorrentía, entre otros fenómenos naturales.

En términos generales existen procesos de erosión, fenómenos de remoción en masa y socavación; estos últimos asociados con la dinámica fluvial de algún cuerpo de agua. La erosión: aplicado a las diversas maneras como los agentes móviles desprenden y transportan los productos de la sedimentación y de la meteorización (Villota, 1991).

La socavación es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca material de los bordes de los cauces. Finalmente, los fenómenos de remoción en masa es el conjunto de procesos denudativos relacionados con el desplazamiento o transposición ligeramente rápida y localizada de volúmenes variables de partículas y agregados del suelo, de mantos de meteorización, incluyendo material de suelo, detritos, bloques y masas rocosas, cuesta abajo, por incidencia de la gravedad o movimientos sísmicos y con participación variable del agua, suelo y otros agentes como la acción antrópica (Villota, 1991).

El reconocimiento de los procesos de erosión, socavación y de remoción en masa, es un aspecto importante para la determinación de la susceptibilidad de un área determinada a ser afectada por los fenómenos relacionados y de posible ocurrencia (o amenazas naturales).

La categorización de los procesos morfodinámicos (erosión, socavación y fenómenos de remoción en masa) dentro del área de estudio, se realizó mediante la clasificación propuesta por Van Zuidam (195), Vargas (2002), Carvajal (2002) en el informe del SGC (2011). Los procesos morfodinámicos descritos a continuación, corresponden a aquellos procesos actuales, identificados a partir de la imagen satelital del proyecto, con su correspondiente verificación en campo.

5.1.4.5.1 Procesos erosivos

Evento posterior a la meteorización, en la cual ocurre la disgregación de los materiales, siendo removidos de su posición in situ, para ser transportados por diferentes mecanismos sobre el terreno. En las áreas erosionadas, la cobertura vegetal se pierde

drásticamente y los materiales inconsolidados permiten movimiento y reacomodación de la capa superficial del terreno. El continuo proceso de remoción de la capa superficial contribuye a la generación de una erosión más severa manifestada en erosiones laminares, surcos, barrancos y cárcavas, que asociado con la acción del agua de escorrentía aumenta el grado de afectación.

El levantamiento de información de campo para los procesos erosivos, consistió en la georreferenciación del evento (coordenadas), medición de su ancho y largo, cálculo de su profundidad y separación de canales (grado de severidad), descripción de las características litológicas, categorización de pendientes, estado de los canales (presencia o no de agua).

Cabe aclarar que la profundidad de los canales en los procesos erosivos, determina el tipo de erosión. Es decir, procesos sin canales formados se denominan erosión laminar; los procesos erosivos con profundidad menores a 0,50 metros se denominan surcos, los que muestran profundidades entre 0,51 m y 1,50 m Barrancos y los mayores a 1,50 metros se denominan Cárcavas. Por su parte el espaciamiento de dichos canales determina su grado de afectación: severa, moderada y suave Tabla 5.1-37.

Tabla 5.1-37 Clasificación de procesos erosivos y su grado de afectación

| Tipo de erosión | Espaciamiento entre canales (m) | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-------|
| | <5 | 5 a 15 | 15 a 50 | 50 a 150 | 150 a 500 | > 500 |
| Erosión laminar | Severa | Moderada | Suave | | | |
| Surcos (<50 cm de profundidad) | Severa | Severa | Moderada | Suave | | |
| Barrancos (51-150 cm de profundidad) | Severa | Severa | Severa | Moderada | Suave | |
| Cárcavas (>150 cm de profundidad) | Severa | Severa | Severa | Severa | Moderada | Suave |

Fuente: SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, 2011

Una vez realizado el trabajo de campo, fue posible establecer la existencia de procesos morfodinámicos clasificados como Erosión Laminar y Erosión en Surcos. Se identificaron tres (3) procesos de carácter puntual, es decir no cartografiables y tres (3) procesos areales (cartografiables, a la escala del proyecto 1:25.000). Los procesos puntuales se presentan a continuación en la Tabla 5.1-38, Figura 5.1-96 y Figura 5.1-97 .

Tabla 5.1-38 Procesos erosivos registrados dentro del área de influencia Físico-Biótica

| T_PROC ESO | NOMBRE | OBSERV | ID_PROC_PT | Coordenadas Este | Coordenadas Norte |
|-------------|-----------------|---|------------|------------------|-------------------|
| Denudat ivo | Erosión pluvial | Identificación de inicio de procesos erosivos | ER-01 | 4774578 | 2044513 |
| Denudat ivo | Erosión pluvial | Surcos sobre la unidad geomorfológica producto de escorrentía | ER-02 | 4762972 | 2044860 |
| Denudat ivo | Erosión pluvial | Procesos erosivos sobre subunidad Vfla | ER-03 | 4761188 | 2043290 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-96 Proceso erosivo de carácter puntual. ER-01

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

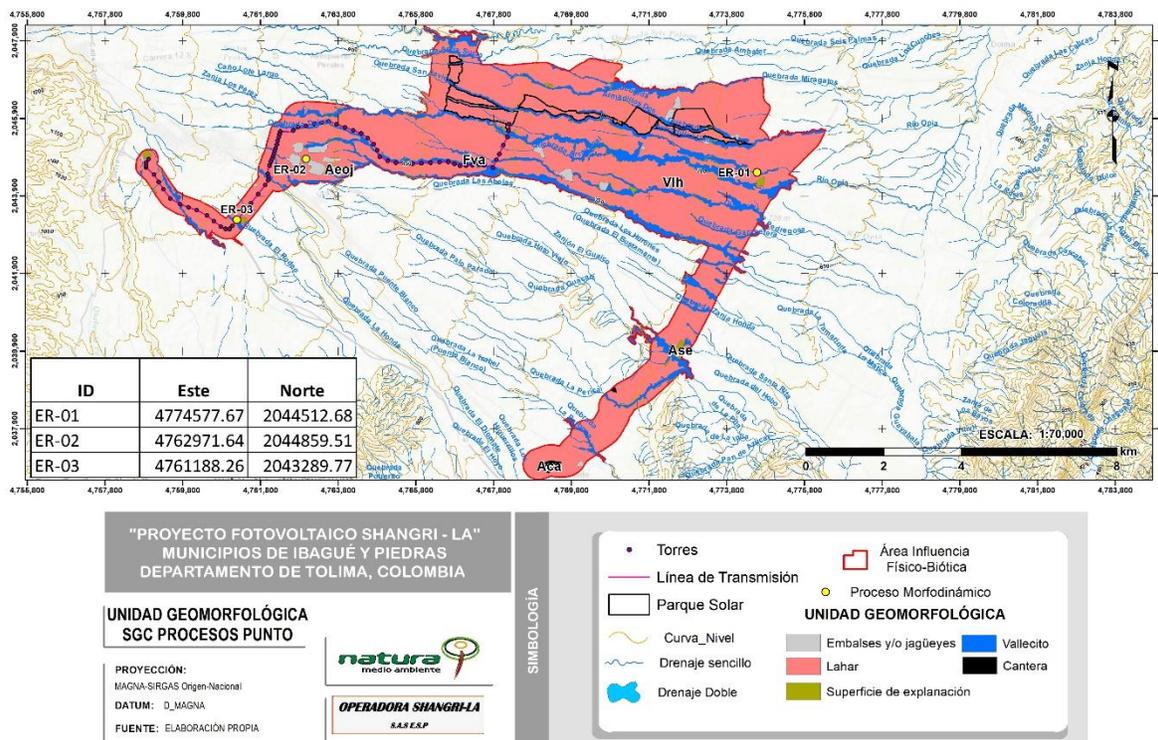


Figura 5.1-97 Localización de los procesos erosivos de carácter puntual

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

A su vez, dentro del área de influencia Físico-Biótica, fueron identificados y cartografiados tres procesos erosivos con áreas de afectación entre 0,25 ha hasta 3,81 ha (Tabla 5.1-39, Figura 5.1-98 y Figura 5.1-99). La erosión en surcos ocurre cuando el flujo de agua superficial empieza a concentrarse sobre la superficie del terreno, debido a la irregularidad natural del mismo. Al agruparse el flujo en pequeñas corrientes sobre una pendiente, se genera una concentración de agua, la cual por la fuerza tractiva de la corriente produce erosión, formándose pequeños canales o surcos, los cuales inicialmente son prácticamente incipientes, pero poco a poco se van volviendo más profundos (Ochoa, 2009). Los surcos presentan profundidades de canales menores a 50 cm. El grado de afectación está estrechamente relacionado con el espaciamiento de sus canales. Surcos con espaciamiento de canales menores a quince metros (< 15 m) se consideran severos; surcos con separación entre 15 a 50 m moderados y entre 50 a 150 m se consideran surcos con afectación suave.

El proceso de formación de los surcos, se puede dividir en cuatro etapas: en la primera etapa (1) se tiene un suelo sin cobertura vegetal, en la segunda etapa (2) a medida que la cantidad de lluvia va aumentando, la profundidad del canal va desarrollándose. En las dos últimas etapas (3 y 4) los surcos van evolucionando, llegando a presentar pequeños canales en forma de V o U si son más evolucionados (UNALMED, 2000).

Tabla 5.1-39 Procesos erosivos cartografiables dentro del área de influencia Físico-Biótica

| T_PROCESO | NOMBRE | OBSERV | ID_PROC_PG | ÁREA (Ha) |
|------------|-----------------|---------------------------------|------------|-----------|
| Denudativo | Erosión pluvial | Tierras desnudadas y degradadas | EP-01 | 1,67 |
| Denudativo | Erosión pluvial | Tierras desnudadas y degradadas | EP-02 | 0,25 |
| Denudativo | Erosión pluvial | Tierras desnudadas y degradadas | EP-03 | 3,81 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

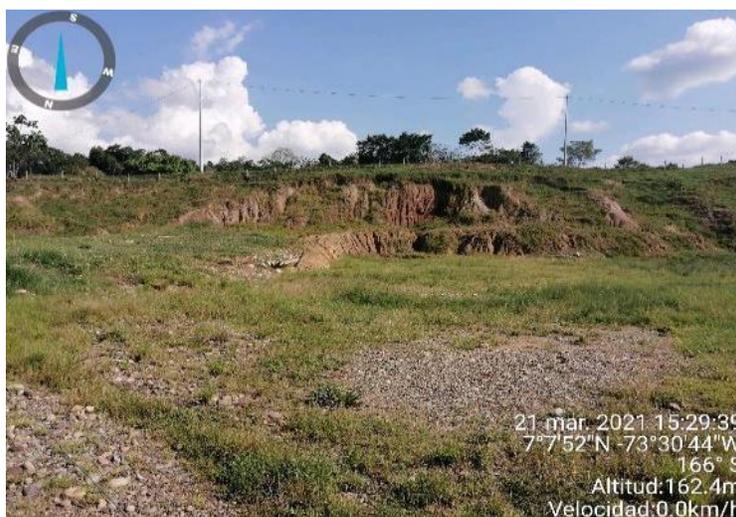


Figura 5.1-98 Proceso erosivo de carácter areal. EP-01. Tierras desnudadas y degradadas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

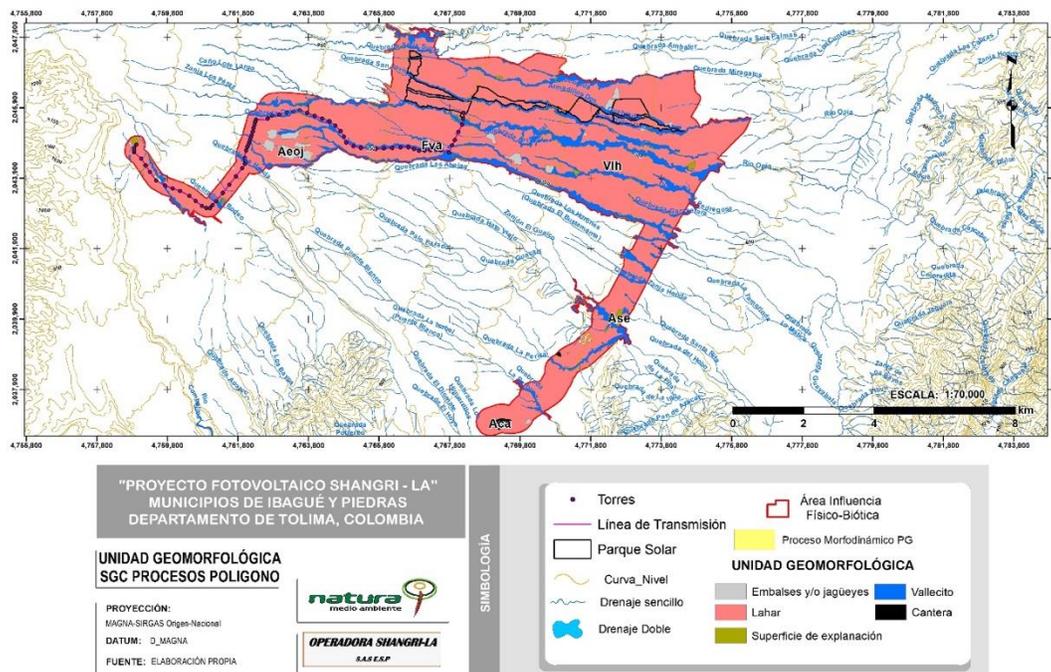


Figura 5.1-99 Localización de los procesos erosivos de carácter areal

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ninguno de estos procesos erosivos, se localizan dentro del área de intervención del presente proyecto.

5.1.4.5.2 Fenómenos de remoción en masa

Los fenómenos de remoción en masa se clasifican según el Servicio Geológico Colombiano (2011), en Caídas, Volcamiento, Deslizamientos: Rotacional y Traslacional, Propagación lateral, Flujos y Reptación. Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies, la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido, la velocidad puede ser muy variable, pero pueden ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes (González, 2006).

En los deslizamientos rotacionales, la rotura, superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas o en forma de cuchara. Una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiéndose dividirse en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a escalones con la superficie basculada hacia la ladera y grietas de tracción estriadas (González, 2006).

A su vez estos movimientos pueden subdividirse en simple y múltiple. El deslizamiento rotacional simple se define cuando la superficie de ruptura rotacional es única; mientras en el deslizamiento rotacional múltiple, se define cuando se presentan varias superficies de ruptura. Para la clasificación de los fenómenos de remoción en masa, fue utilizada la metodología del Servicio Geológico Colombiano del año 2014.

Una vez realizado el trabajo de campo, fue posible establecer la inexistencia de fenómenos de remoción en masa.

5.1.4.6 Área de sedimentación activa

Se les llama áreas de sedimentación activa a las zonas en las cuales el proceso de sedimentación por el cual un material sólido es transportado por una corriente de agua, para el área de estudio el afluente más representativo es el río Opía, Río Chípalo, así como las quebradas Agua Sucia, El Rodeo, Los Hurones, San Javier, Doima, las cuales presentan características hídricas variantes dependiendo del periodo por el cual este atravesando (periodo seco o periodo lluvia), haciendo que los materiales particulado transportados se sedimenten.

Para el área de estudio se presenta sedimentación activa a nivel local en los sectores donde se localizan estos cuerpos de agua (Figura 5.1-1 a Figura 5.1-102).

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-100 Área de sedimentación activa dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-101 Áreas de sedimentación activa dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 5.1-102 Área de sedimentación activa.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La distribución de las áreas con sedimentación activa dentro del área de influencia Físico-Biótica se presenta a continuación en la Figura 5.1-103 .

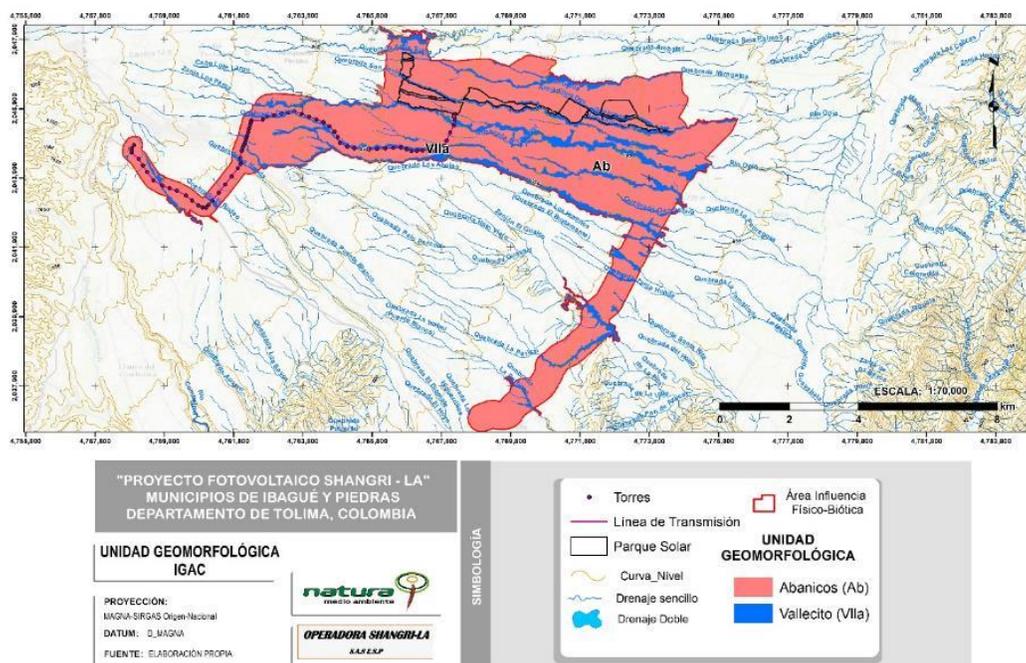


Figura 5.1-103 Distribución de las zonas con sedimentación activa. Color azul dentro de la zona de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.6.1 Morfoestructuras

El Servicio Geológico Colombiano (2012), menciona que el término morfoestructura indica el modelaje del relieve, de acuerdo con composición, disposición y dinámica interna de la tierra. La morfoestructura incide en el modelaje del paisaje según: Condición pasiva que analiza las formas resultantes de los procesos o deformaciones tectónicas (activas o inactivas) expresadas en el relieve de la superficie terrestre, con dimensiones y configuraciones variables; y la condición activa que corresponde a los procesos morfogenéticos endógenos asociados tanto a la deformación y al fracturamiento tectónico como al vulcanismo.

Una vez realizado el trabajo de campo y a partir de la información publicada por el Servicio Geológico Colombiano e IDEAM, fue posible establecer que dentro del área de influencia Físico-Biótica del presente proyecto no se presentan morfoestructuras, debido a que la zona de estudio se caracteriza por la presencia del Abanico de Ibagué y los Depósitos Aluviales Recientes. Las expresiones morfoestructurales asociadas con la Falla de Ibagué, la cual es una falla activa, se encuentran por fuera del área de influencia Físico-Biótica definida para el presente proyecto.

5.1.4.6.2 Análisis multitemporal

El análisis multitemporal consiste en la comparación de imágenes satelitales en diferentes fechas para conocer el avance o retroceso de un proceso morfodinámico tipo erosión o fenómeno de remoción en masa. La estimación de cambios entre un par de imágenes brinda información útil para poder determinar los cambios que ha sufrido una región y observar la evolución de los cambios teniendo en cuenta diferentes momentos del tiempo para hacer por ejemplo proyecciones sobre el territorio (Fonseca y Gómez 2013).

Para la realización del análisis multitemporal del área de estudio, se han interpretado imágenes satelitales, disponibles en el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), así

como la imagen satelital del presente proyecto.

El análisis multitemporal tiene como propósito evaluar la dinámica de los procesos morfodinámicos dentro del polígono de estudio, con el fin de identificar su avance o retroceso y poder tomar medidas ambientales para su intervención y recuperación en caso de ser necesario por el proyecto.

La metodología para dicho análisis consiste en la comparación de los procesos morfodinámicos actuales, es decir aquellos reportados en campo y delimitados con ayuda de la imagen satelital del proyecto (2020); con los interpretados a partir de las fotografías aéreas, para cada uno de los periodos de tiempo. Esto con el fin de observar la evolución de los procesos morfodinámicos relacionados con la definición de su morfología, área de afectación, crecimiento o decrecimiento del proceso a través del tiempo.

Para el área de influencia Físico-Biótica, se escogieron las siguientes fotografías aéreas, así como la imagen satelital actual (año 2021), para la realización del análisis multitemporal.

- Vuelo. C-2684 (Fotografías 257-258-259-260) AÑO 2003. Escala 1: 25.000
- Vuelo C-2036 (Fotografías 231-232) AÑO 1981. ESCALA 1:33.400
- Vuelo C-1532 (Fotografías 162-163-164). AÑO 1974. ESCALA 1:29.600
- IMAGEN SATELITAL ACTUAL (AÑO 2021)

En términos generales, por las condiciones presentes dentro del área de estudio, no se registraron procesos morfodinámicos clasificados como fenómenos de remoción en masa, ya que las bajas pendientes que predominan en la zona, no propician la generación de estos fenómenos.

5.1.4.6.2.1 Vuelo C-1532 (Fotografías 162-163-164). Año 1974. Escala 1:25.000

Para el año 1974, fueron interpretadas las fotografías 162, 163, 164, pertenecientes al Vuelo C-1532. Dichas fotografías se encuentran a una escala 1:25:000. Luego de interpretar dichas fotografías, se pudo establecer la inexistencia de procesos morfodinámicos (remoción en masa o erosión), dentro de la zona caracterizada, para el periodo analizado (Figura 5.1-104).

Ibagué y Piedras (Tolima)

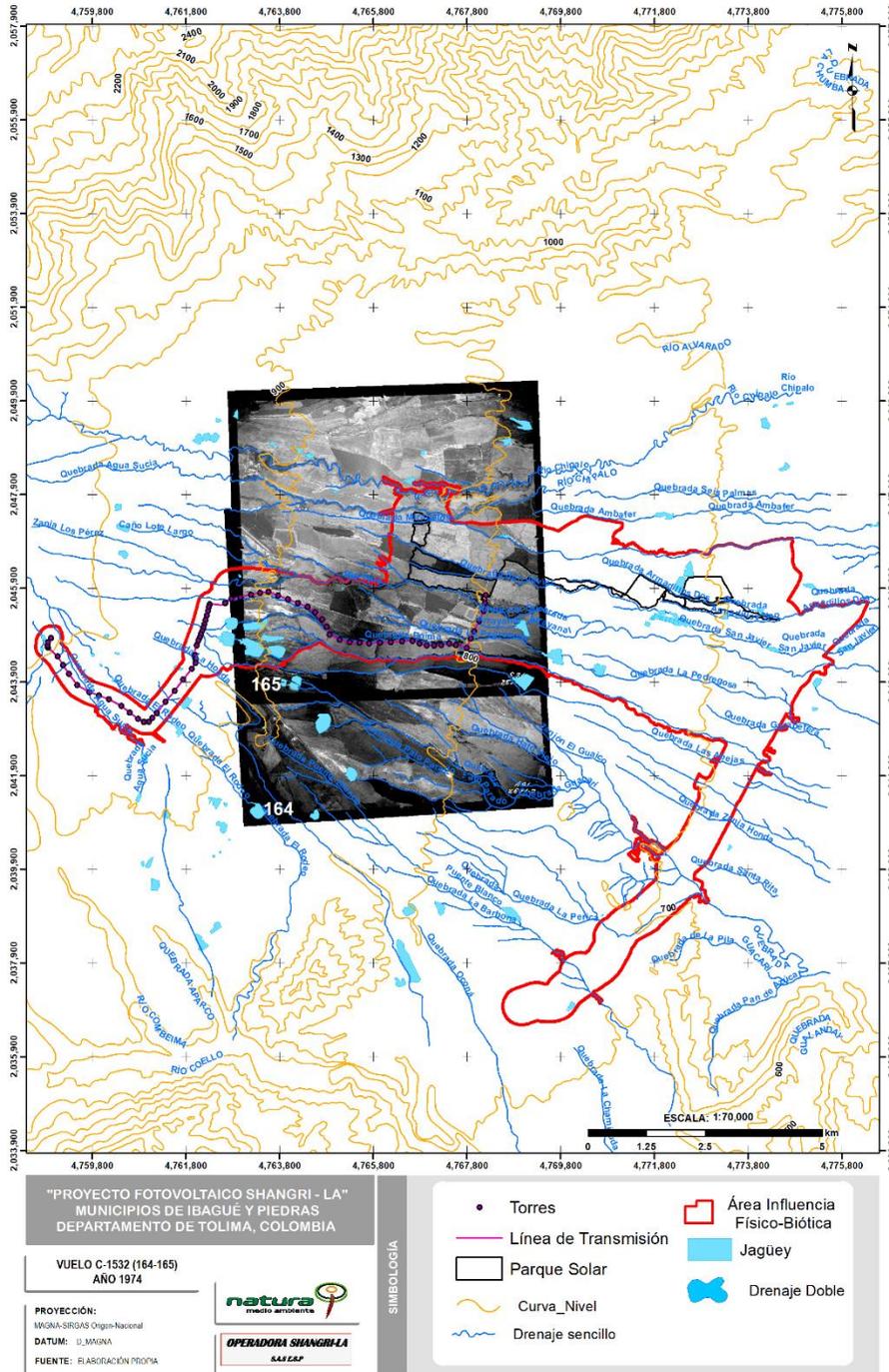


Figura 5.1-104 Fotografías aéreas para el año 1974

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.6.2.2 Vuelo C-2036 (Fotografías 231-232). Año 1981. Escala 1:33.400

Para el año 1981, fueron interpretadas las fotografías 231-232, pertenecientes al Vuelo C-2036. Dichas fotografías se encuentran a una escala 1:33.400. Luego de interpretar dichas fotografías, se pudo establecer la inexistencia de procesos morfodinámicos (remoción en masa o erosión), dentro de la zona caracterizada, para el periodo analizado, (Figura 5.1-105).

Ibagué y Piedras (Tolima)

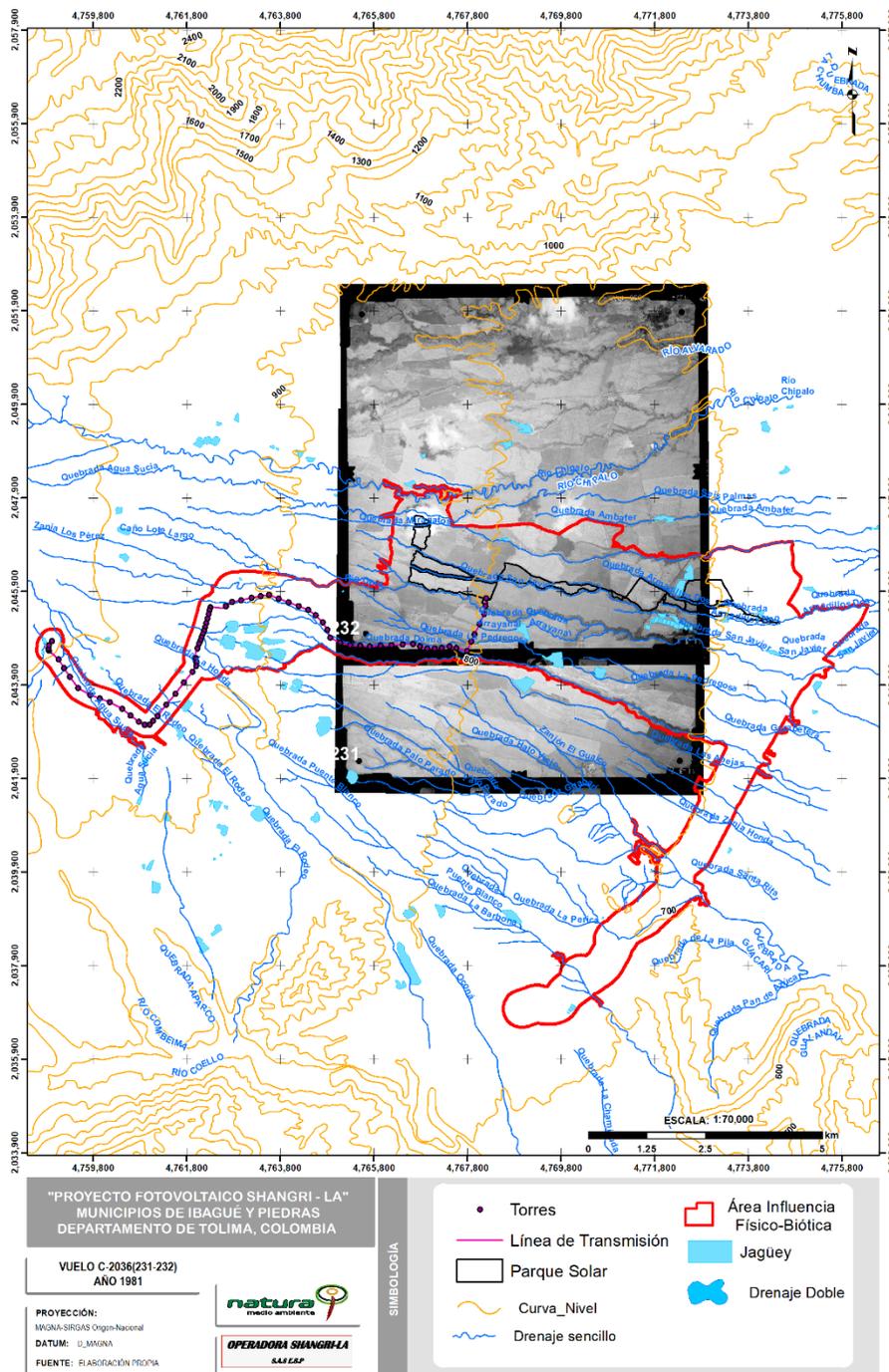


Figura 5.1-105 Fotografías aéreas para el año 1981

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.6.2.3 Vuelo. C-2684 (Fotografías 257-258-259-260) AÑO 2003. Escala 1: 25.000

Para el año 2003, fueron interpretadas las fotografías 257-258-259-260, pertenecientes al Vuelo C-2684. Dichas fotografías se encuentran a una escala 1:25.000. Luego de interpretar dichas fotografías, se pudo establecer la inexistencia de procesos morfodinámicos (remoción en masa o erosión), dentro de la zona caracterizada, para el periodo analizado (Figura 5.1-106).

Ibagué y Piedras (Tolima)

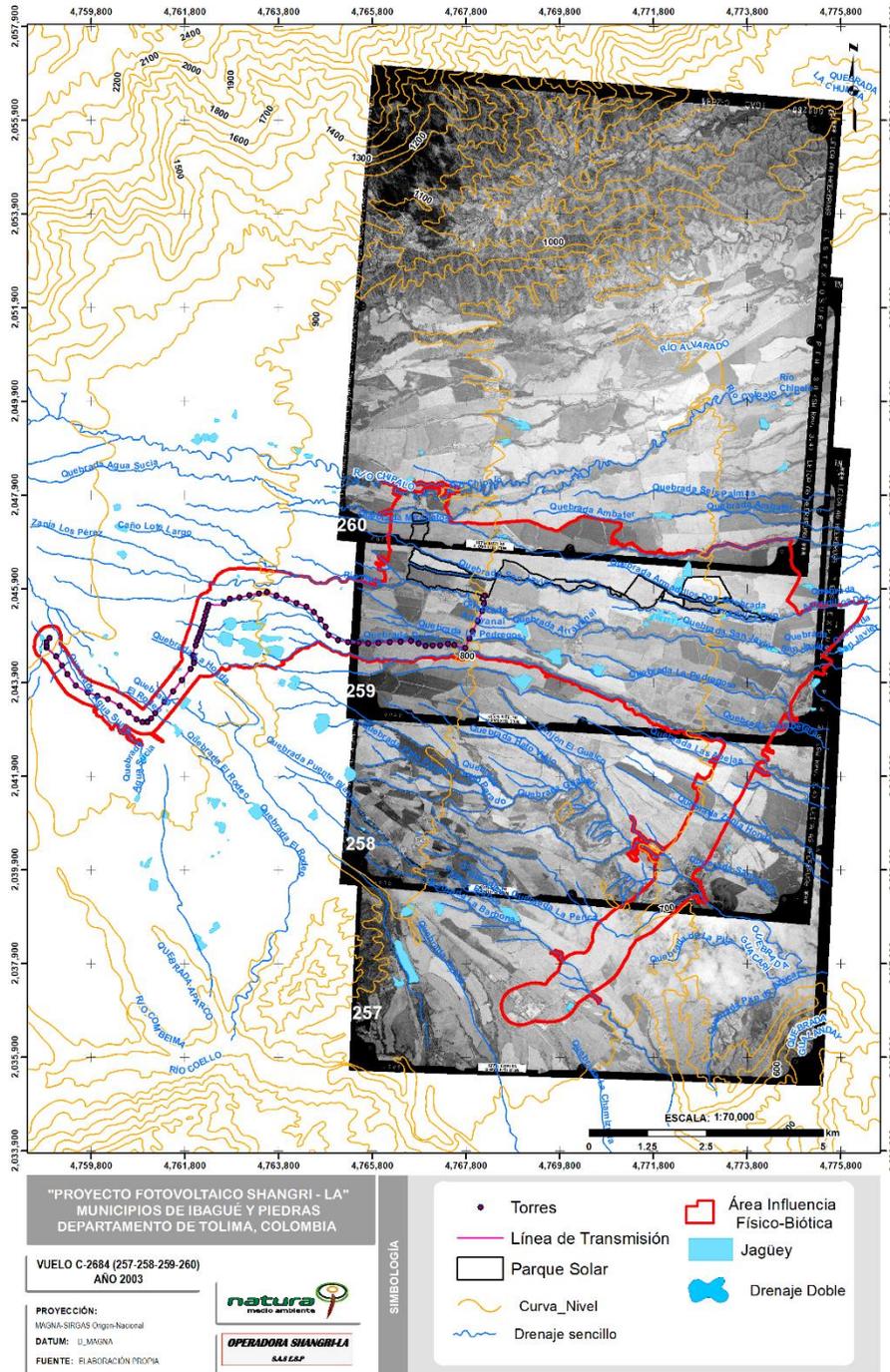


Figura 5.1-106 Fotografías aéreas para el año 2004

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.4.6.2.4 Imagen satelital. Periodo Actual (2021)

Para el periodo actual, se interpretó la imagen satelital del presente proyecto (Figura 5.1-107).

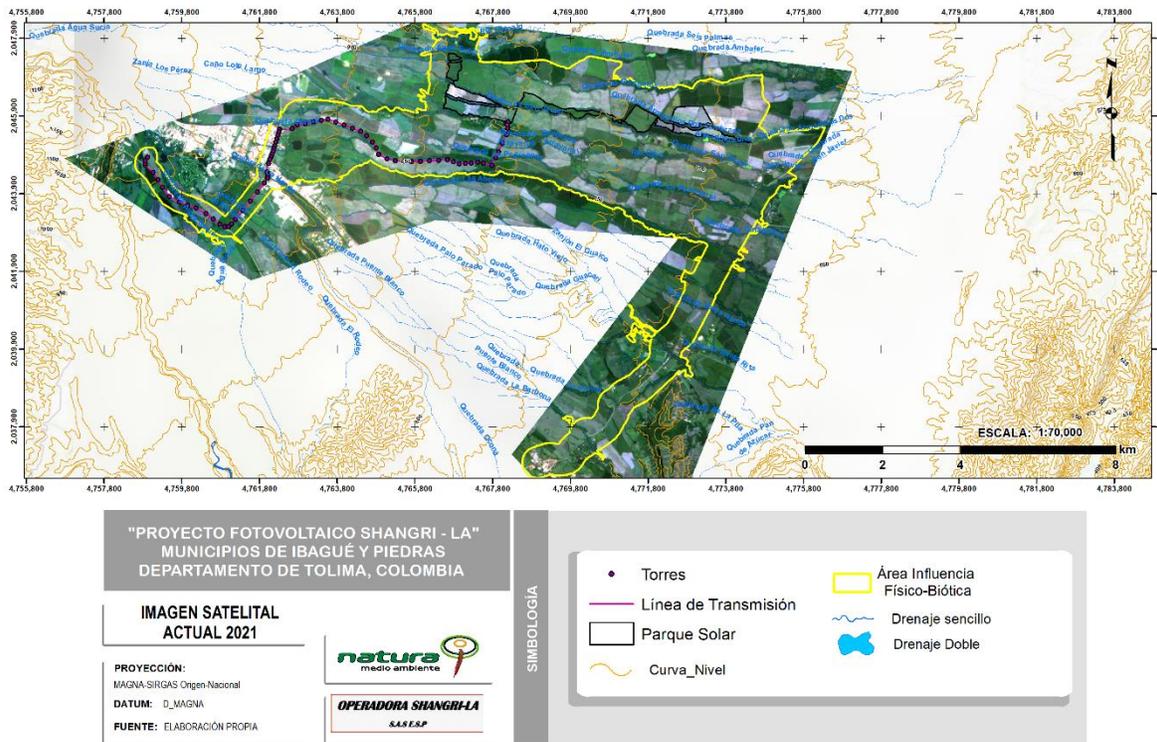


Figura 5.1-107 Interpretación de la imagen satelital del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Dichos procesos se relacionan con fenómenos erosivos y no de remoción en masa (Figura 5.1-108).

Ibagué y Piedras (Tolima)

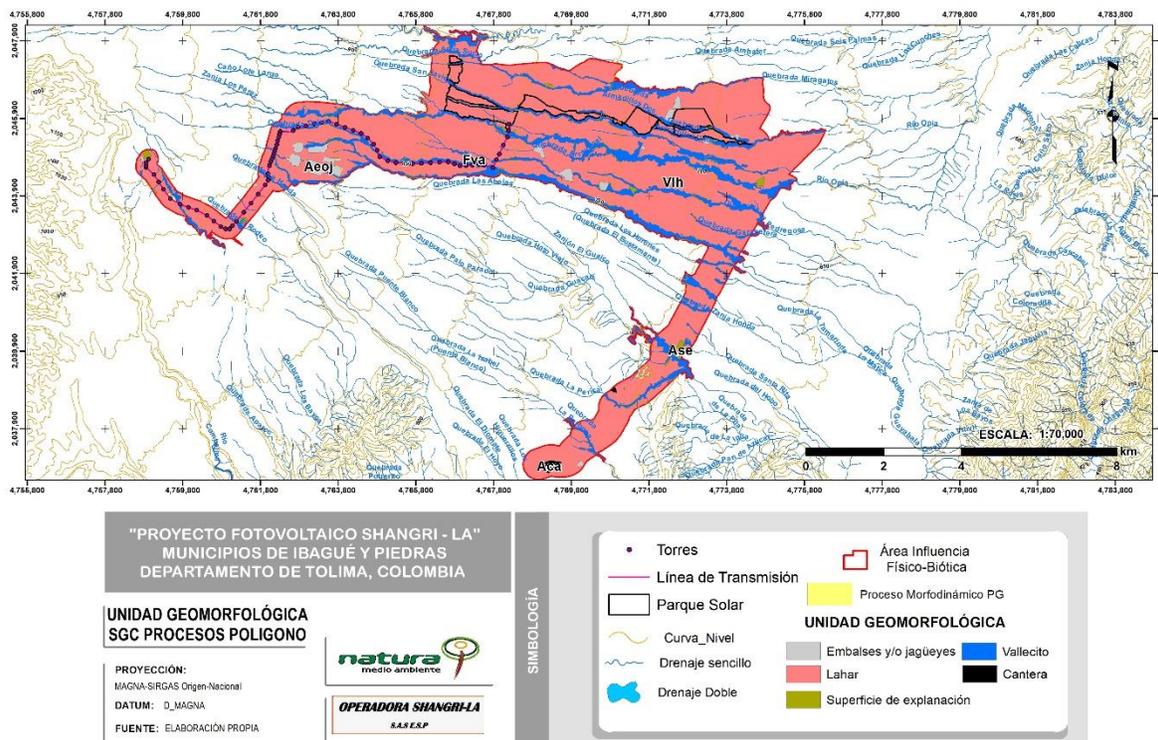


Figura 5.1-108 Procesos morfodinámicos interpretados a partir de la imagen satelital actual con su respectivo control de campo

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5 Suelos y Uso del Suelo

La caracterización del componente suelos para el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, tiene como objetivo la descripción de todos los elementos que integran el suelo, así como clasificación agrologica y uso de la tierra, que sirvan como insumo en la elaboración de la línea base ambiental y en la identificación y evaluación de elementos sensibles a ser impactados durante el desarrollo del proyecto.

Para la caracterización del componente suelos, se realizó la recopilación, revisión y análisis de la información existente. Se recurrió a la búsqueda de informes, diagnósticos y estudios en entidades del estado como el Servicio Geológico Colombiano (SGC),

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la información recopilada sirvió como punto de partida para las actividades de procesos de identificación, descripción y análisis de la información a presentar.

Una vez reconocidas las características y limitantes edáficas de los suelos en el área de estudio, se determinó su aptitud de uso o usos potenciales, la clasificación agrológica, la identificación de usos actuales; y con esta información se establecieron los conflictos de uso del suelo y su relación con el Área del proyecto Fotovoltaico Shangri-La. Dicha caracterización se realiza de acuerdo con lo sugerido en los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en Proyectos de Uso de Energía Solar Fotovoltaica, emitidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible.

Dentro de los conceptos que permitieron realizar el mapa de suelos y que son de uso común se encuentran:

- **Unidad cartográfica de suelos:** es la representación unitaria de la distribución espacial de los suelos en el área de estudio. Cada una de ellas está identificada por un símbolo único, un color, un nombre u otra representación en el mapa. Los tipos de unidades cartográficas utilizadas son asociación y Consociación.
- **Consociación de suelos:** es una unidad cartográfica en la que hay dominio de un solo taxón (tipo de suelo o unidad taxonómica) y en menor porcentaje se encuentran otro u otros tipos de suelos disímiles llamados inclusiones. En este tipo de unidad cartográfica se acepta máximo el 25% de un suelo disímil como inclusión de la unidad.
- **Asociación de suelos:** Es una unidad cartográfica en la que contiene dos o más taxa disímiles o áreas misceláneas que se presentan en un patrón conocido.
- **Inclusiones de suelos:** Son los suelos que, por sus características morfológicas, químicas o físicas no son clasificados taxonómicamente igual que los suelos dominantes de una unidad cartográfica determinada.

- **Suelos similares:** Son aquellos que son semejantes en la mayoría de propiedades usadas como criterio para distinguirlos al nivel categórico del taxón que los domina y los niveles categóricos superiores. Los suelos que no cumplen con los criterios se denominan disímiles.
- **Fases:** son subdivisiones de una unidad cartográfica que se realizan con base en criterios que no fueron utilizados para la clasificación taxonómica, pero que representan información importante para el uso y manejo de los suelos.

5.1.5.1 Caracterización de los suelos

La caracterización de los suelos en el área de influencia del proyecto, fue realizada teniendo en cuenta el "Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Tolima" (IGAC, 2013). Esta información fue complementada con un trabajo de campo realizado dentro del área de influencia Físico-Biótica definida para el presente proyecto.

La nomenclatura de las unidades cartográficas de suelo fue tomada del estudio del IGAC, 2004. Cada unidad se identifica por un símbolo constituido por tres letras mayúsculas; la primera identifica el paisaje, la segunda el clima y la tercera el contenido pedológico, seguidas éstas por una o más letras minúsculas que indican atributos por pendiente, pedregosidad superficial, echarcabilidad e inundabilidad. Un ejemplo de cómo se define la nomenclatura en la unidad cartográfica de suelo se presenta en la Figura 5.1-109 .

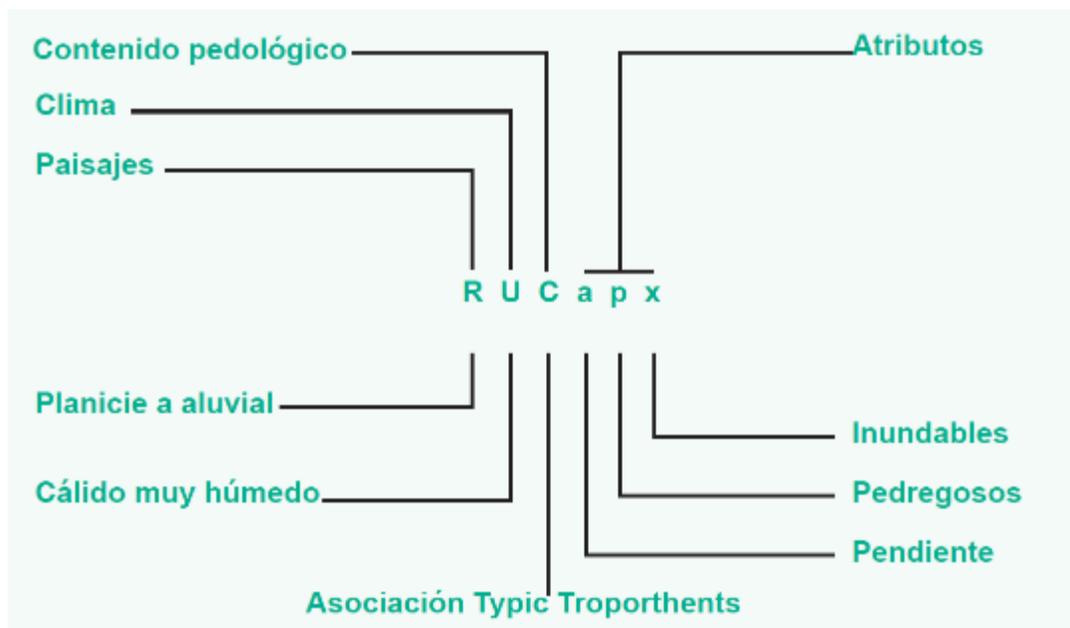


Figura 5.1-109 Ejemplo unidad cartográfica de suelo

Fuente: IGAC, 2004

El significado de las letras mayúscula y minúscula utilizadas en el símbolo de las unidades cartográficas, se muestran a continuación en la Tabla 5.1-40 y Tabla 5.1-41.

Tabla 5.1-40 Primera Letra Mayúscula Paisaje

| Símbolo | Significado |
|---------|--------------|
| M | Montaña |
| P | Piedemonte |
| L | Lomerío |
| A | Altiplanicie |
| R | Planicie |
| V | Valle |

Fuente: IGAC, 2004

Tabla 5.1-41 Segunda letra mayúscula Clima

| Símbolo | Significado |
|----------|----------------------------|
| G | Muy frío, muy húmedo |
| J | Frío, lluvia |
| T | Medio y cálido, pluvial |
| P | Medio y cálido, muy húmedo |
| U | Cálido, muy húmedo |
| V | Cálido, húmedo |

Fuente: IGAC, 2004

Los atributos corresponden al contenido de pedregosidad, grado de pendiente, tipo de inundación y erosión (Tabla 5.1-42).

Tabla 5.1-42 Atributos (Letras minúsculas)

| Símbolo | Pedregosidad |
|----------|--------------------------|
| P | Pedregosidad superficial |
| Símbolo | Pendiente |
| A | 0-3 |
| B | 3-7 |
| C | 7-12 |
| D | 12-25 |
| E | 25-50 |
| F | 50-75 |
| G | >75 |
| Símbolo | Inundación |
| X | Inundable |
| Y | Encharcable |
| Símbolo | Inundación |
| 1 | Ligera |
| 2 | Moderada |

Fuente: IGAC, 2004

En cada unidad cartográfica de suelo se realizó la verificación de la población edáfica; su localización obedeció a un trabajo de reconocimiento e identificación del suelo con la elaboración de apoques de 1 metro de profundidad, lo cual permitió escoger las áreas

representativas de las poblaciones edáficas. Se utilizó para su clasificación, la taxonomía de suelos publicada en 2010 por la Soil Survey Satff y la tabla de colores Munsell (1992). Para la conformación de cada una de las unidades cartográficas de suelos, se emplearon criterios que permitieron realizar las agrupaciones de los diferentes tipos de suelos, a partir de unidades de mapeo espacialmente delimitadas, las que, en conjunto, dieron lugar al mapa de suelos del presente estudio, incluyendo su respectiva área de influencia Físico-Biótica (Figura 5.1-110).



Figura 5.1-110 Apertura de Calicatas dentro del Área de Estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En términos generales se identificaron dos unidades de suelo de ambiente de Piedemonte, asociado con geformas volcánicas. Además, fueron registradas zonas clasificadas como "No Suelo", pertenecientes a los cuerpos de agua artificiales.

A continuación, se muestran las unidades cartográficas de suelos presentes en el área de estudio (Tabla 5.1-43)

Tabla 5.1-43 Unidades cartográficas de suelo dentro del área de influencia Físico-Biótica

| Paisaje | Relieve | Clima | Asociación | Símbolo | Características | Área (Ha) | Área (%) | Fotografía |
|------------|--|-------------|---|---------|---|-----------|----------|--|
| Piedemonte | Relieve ligeramente inclinado, con piedra sobre la superficie en algunos sectores y erosión liga. | Cálido seco | Consociación: Typic Haplustalfs | PWDb | Moderadamente profundos, bien drenados, de texturas variables, de reacción ácida a neutra y de fertilidad moderada. | 4.020,21 | 81,11 |  |
| | Relieve plano, ligeramente inclinado y moderadamente ondulado, frecuente pedregosidad superficial y erosión ligera a moderada. | | Asociación: Typic Ustorthents; Lithic Ustorthents; Fluventic Ustropepts | PWFa | Superficiales, limitados por piedras; de texturas medias a gruesas, gravillosas, ligeramente ácidos y de fertilidad baja a moderada | 816,17 | 16,47 |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Paisaje | Relieve | Clima | Asociación | Símbolo | Características | Área (Ha) | Área (%) | Fotografía |
|--------------|---------|-------|------------|---------|-----------------|----------------|------------|---|
| No Suelos | | | No Suelo | | No Suelo | 120,01 | 2,42 |  |
| TOTAL | | | | | | 4956,39 | 100 | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

La distribución de las unidades cartográficas de suelos, dentro del área de influencia del proyecto Fotovoltaico Shangri-La, se presentan en la **Figura 5.1-111** .

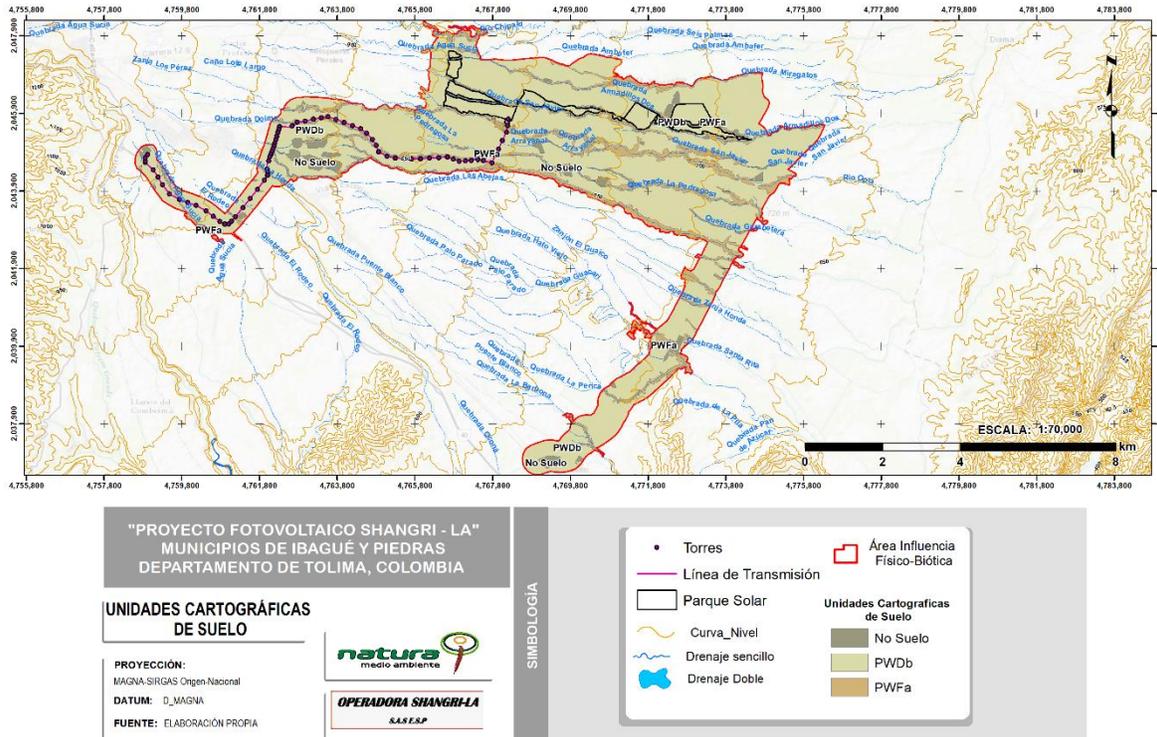


Figura 5.1-111 Unidades Cartográficas de Suelo dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.2 Unidades cartográficas de Suelo

El conocimiento del patrón de distribución de los suelos en el área de influencia Físico-Biótica, así como de sus características intrínsecas y extrínsecas y sus interacciones, se constituye en un elemento fundamental para comprender las características del medio físico en su interface geformas-suelos. A partir de una clara comprensión de sus características se pueden establecer las restricciones, problemáticas y potencialidades que ofrece el medio natural para su ocupación y uso.

Las relaciones entre geoformas y los suelos son estrechas y mutuas ya que son componentes esenciales de la epidermis de la tierra (Tricart, 1972). Geoformas y suelo presentan una estrecha relación y esto se ve manifiesto en los estudios de suelos del IGAC, en donde la geomorfología es el marco para la caracterización de los suelos (Zinck, 2012).

Los suelos del área del proyecto Fotovoltaico Shangri-La, se encuentran ubicados exclusivamente del paisaje de Piedemonte, asociado con un ambiente volcánico.

5.1.5.2.1 Suelos de planicie en clima cálido seco

El paisaje de Piedemonte se caracteriza por sus bajas pendientes (en ocasiones no superan el 3%), ligeramente inclinado, moderadamente profundos, bien drenados, de texturas variables, de reacción ácida a neutra y de fertilidad moderada.

Estos suelos se presentan en las laderas erosionables, son muy superficiales, limitados por capas cementadas, bien drenados, originados a partir de areniscas y arcillolitas.

➤ Consociación: Typic Haplustalfs (PWDb)

Esta unidad de origen de piedemonte, asociado con un ambiente volcánico representa el 81,11% del área de influencia Físico-Biótica.

Los suelos Typic Haplustalfs, se localizan en relieves ligeramente inclinados, con piedra sobre la superficie en algunos sectores y erosión ligera, presentando un perfil modal de nomenclatura A - B - C. El horizonte A tiene un espesor de 40 cm, color pardo oscuro, textura franco arenosa; el B es de color pardo amarillento y pardo amarillento oscuro, textura franco arcillo arenosa; el horizonte C es pardo amarillento y rojo, de textura franco arcillo arenosa. Son suelos superficiales limitados por niveles tóxicos de aluminio, bien drenados; la reacción es muy fuerte a fuertemente ácida; la capacidad de

intercambio catiónico es baja; la saturación de aluminio de cambio es mayor de 60% a una profundidad entre los 40 y los 70 cm. La fertilidad natural es baja.

Moderadamente profundos, bien drenados, de texturas variables, de reacción ácida a neutra y de fertilidad moderada (Tabla 5.1-44).

Tabla 5.1-44 Perfil de suelo unidad cartográfica PWDb

| Horizonte | Descripción | Fotografía |
|--------------------------------|---|---|
| Horizonte A (0-20 cm) | Suelo con textura franco arenoso, color pardo oscuro. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia alta y plasticidad baja. |  <p>16/05/2021 10:15:36 a. m. 4°24'26.35711"N -75°4'16.82541"W 219° SW Altitud: 781.6m Velocidad: 0.0km/h Número de índice: 4161</p> |
| Horizonte B (20-40 cm) | Suelo con textura franco arenoso, color grisáceo. Suelo sin adherencia y sin plasticidad alta. | |
| Horizonte C (> 40cm) | Suelo con textura arcillosa arenosa, color grisáceo. Suelo sin adherencia y plasticidad. | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Asociación: Typic Ustorthents; Lithic Ustorthents; Fluventic Ustropepts (PWFa)

Esta unidad de origen de piedemonte, asociado con un ambiente volcánico representa el 16,47% del área de influencia Físico-Biótica.

✓ Suelos Typic Ustorthents

Estos suelos se ubican en las zonas con menor pendiente, son bien drenados, derivados de areniscas y de poco desarrollo pedogenético; son moderadamente profundos, limitados por abundante cantidad de gravilla, cascajo y piedra.

Morfológicamente el perfil presenta una secuencia de horizontes de tipo A/C; el horizonte A tiene 30 cm. de espesor, color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa con 40% de gravilla y estructura en bloques angulares medios, moderadamente desarrollados. El horizonte C se caracteriza por tener color pardo a pardo oscuro, textura franco arcillo arenosa con incrementos de gravilla en profundidad.

✓ Suelos Lithic Ustorthents

Los suelos Lithic Ustorthents presentan un perfil del tipo A – C. El horizonte A presenta espesor de 14 cm, color pardo muy oscuro, Textura franco limosa, estructura en bloques angulares moderados; el C está formado por una capa de cantos. Son suelos muy superficiales, bien drenados, con mediano contenido de materia orgánica, mediana capacidad de intercambio de cationes, mediana saturación de bases, reacción fuertemente ácida y fertilidad natural baja.

✓ Suelos Fluventic Ustropepts

Estos suelos se han originado de aluviones recientes finos y medios; son bien drenados, profundos, susceptibles a inundaciones. Morfológicamente presenta un horizonte A de 15 cm. de espesor, de color pardo oscuro, textura franco arcillosa, con estructura en bloques subangulares medios, moderadamente desarrollados. El segundo horizonte Bw (cámbico), de 35 cm. de espesor, tiene color pardo muy oscuro, textura franco arcillosa y estructura blocosa moderadamente desarrollada. El horizonte C, de 70 cm. de espesor presenta color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arcillosa y sin estructura, (Tabla 5.1-45).

Químicamente se caracterizan por tener reacción ligeramente ácida, capacidad catiónica de cambio alta, saturación de bases alta, bases totales altas, contenido de carbón orgánico medio, y alto el de fósforo disponible para las plantas alto. La fertilidad es moderada. La deficiencia de agua para los cultivos es el principal limitante para el uso.

Tabla 5.1-45 Perfil de suelo unidad cartográfica PWFa

| Horizonte | Descripción | Fotografía |
|--------------------------------|---|--|
| Horizonte A (0-30 cm) | Suelo con textura franco arenoso, color pardo grisáceo. Presencia de raicillas. Suelo compacto. Suelo con adherencia alta y plasticidad baja. |  <p>13/05/2021 7:37:24 a. m. 4°24'21.42324"N -75°2'11.20718"W 97° E Altitud: 715.1m Velocidad: 0.0km/h Número de índice: 3597</p> |
| Horizonte B (30-40 cm) | Suelo con textura franco arenoso arcilloso, color grisáceo. Suelo compacto. Suelo sin adherencia y sin plasticidad alta. | |
| Horizonte C (> 40cm) | Suelo con textura arcillosa arenosa, color grisáceo. Suelo sin adherencia y plasticidad. | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.2.2 No suelo

Dentro de esta unidad, se encuentran las zonas clasificadas como "No suelo", es decir áreas donde no se ha preservado el suelo natural, asociado con geoformas de Embalses y/o Jagüeyes, Superficie de Explanación y Cantera. Esta unidad representa el 2,42% del área de influencia Físico-Biótica.

5.1.5.3 Caracterización edafológica de las unidades cartográficas de suelo

Con el fin de conocer las características edafológicas de las unidades cartográficas de suelo dentro del área del proyecto Fotovoltaico Shangri-La, fueron elaboradas una serie de calicatas en cada una de las unidades cartográficas de suelo definidas dentro del área de estudio. Las calicatas fueron realizadas a una profundidad promedio de 1 metro. Fueron realizadas un total de ocho (8) calicatas, cuya ubicación se presenta en la **Tabla 5.1-46** y **Figura 5.1-112** .

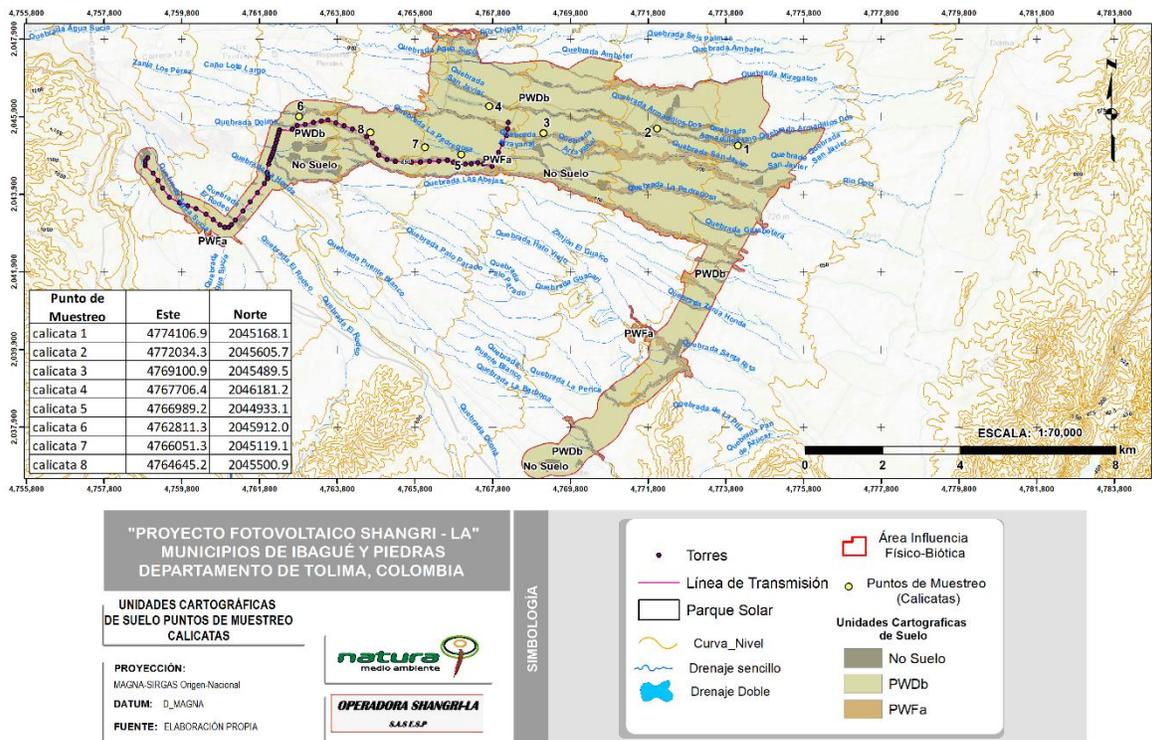


Figura 5.1-112 Puntos de control Suelo dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-46 Localización calicatas zona de estudio

| Nomenclatura Punto | Nombre en la Figura | Coordenadas Magna Origen Único Nacional CTM-12 | |
|--------------------|---------------------|--|------------|
| | | Este | Norte |
| Calicata 1 | 1 | 4774106,93 | 2045168,11 |
| Calicata 2 | 2 | 4772034,27 | 2045605,66 |
| Calicata 3 | 3 | 4769100,94 | 2045489,53 |
| Calicata 4 | 4 | 4767706,39 | 2046181,17 |
| Calicata 5 | 5 | 4766989,18 | 2044933,11 |
| Calicata 6 | 6 | 4762811,31 | 2045911,97 |
| Calicata 7 | 7 | 4766051,32 | 2045119,09 |
| Calicata 8 | 8 | 4764645,17 | 2045500,89 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La descripción de los perfiles de suelos (calicatas) se presentan en la Tabla 5.1-47.

Tabla 5.1-47 Descripción perfiles de suelo (calicatas) zona de estudio

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|------------|-----------------------------------|------------|------|---|--|
| | Este | Norte | | | |
| Calicata 1 | 4774106,93 | 2045168,11 | PWFa | <p>Horizonte A (0-20 cm): Suelo con textura franco arenoso, color pardo grisáceo. Presencia de raicillas. Suelo compacto. Suelo con adherencia alta y plasticidad baja.</p> <p>Horizonte B (20-40 cm) Suelo con textura franco arenoso, color grisáceo. Suelo compacto. Suelo sin adherencia y sin plasticidad alta.</p> <p>Horizonte C (> 40cm) Suelo con textura arcillosa arenosa, color grisáceo. Suelo</p> |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|------------|-----------------------------------|------------|-----|--|--|
| | Este | Norte | | | |
| | | | | sin adherencia y plasticidad. | |
| Calicata 2 | 4772034,27 | 2045605,66 | | <p>Horizonte A (0-50 cm): Suelo con textura franco arenoso, color pardo oscuro, moteado pardo. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia alta y plasticidad baja.</p> <p>Horizonte B (50-70 cm) Suelo con textura franco arcilloso, color pardo oscuro. Suelo con adherencia y sin plasticidad alta.</p> <p>Horizonte C (> 70cm) Suelo con textura arenosa, color grisáceo. Suelo con adherencia alta y plasticidad alta.</p> |  |

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|------------|-----------------------------------|------------|------|---|--|
| | Este | Norte | | | |
| | | | | Presencia de agua | |
| Calicata 3 | 4769100,94 | 2045489,53 | PWDb | <p>Horizonte A (0-55 cm): Suelo con textura franco arenoso, color pardo oscuro. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia media y plasticidad baja.</p> <p>Horizonte B (55-70 cm) Suelo con textura franco arenoso, color pardo grisáceo, moteado rojizo. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia y sin plasticidad baja.</p> <p>Horizonte C (> 40cm) Suelo con textura franco arcilloso, color grisáceo. Suelo can</p> |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|------------|-----------------------------------|------------|-----|--|--|
| | Este | Norte | | | |
| | | | | adherencia alta y plasticidad alta. | |
| Calicata 4 | 4767706,39 | 2046181,17 | | <p>Horizonte A (0-60 cm): Suelo con textura franco arenoso, color pardo grisáceo, moteado amarillo. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia media y plasticidad baja.</p> <p>Horizonte B (> 60 cm) Suelo con textura franco arcilloso, color amarillo grisáceo. Presencia de raicillas. Suelo compacto. Suelo con adherencia y sin plasticidad media</p> |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|------------|-----------------------------------|------------|-----|---|--|
| | Este | Norte | | | |
| Calicata 5 | 4766989,18 | 2044933,11 | | <p>Horizonte A (0-20 cm): Suelo con textura franco arenosa, color pardo claro. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia media y plasticidad media.</p> <p>Horizonte B (20-90 cm) Suelo con textura franco arenosa, color pardo claro. Presencia de raicillas. Presencia de rocas de pequeño diámetro. Suelo compacto. Suelo compacto. Suelo con adherencia y sin plasticidad baja.</p> <p>Horizonte C (> 90cm) Suelo con textura franco limoso, color grisáceo. Suelo con</p> |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|------------|-----------------------------------|------------|-----|---|---|
| | Este | Norte | | | |
| | | | | plasticidad y adherencia baja. | |
| Calicata 6 | 4762811,31 | 2045911,97 | | <p>Horizonte A (0-50 cm): Suelo con textura franco arenoso, color pardo amarillo. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia media y plasticidad baja.</p> <p>Horizonte B (30-40 cm) Suelo con textura arenosa. Suelo compacto. Suelo sin adherencia y sin plasticidad.</p> |  <p>5/05/2021 7:37:34 a. m. 4°24'44,43645"N -75°0'16,82445"W 2731 m 4411 Ibagué Tolima Altitud: 262.1m Velocidad del viento: Número de riel: 4926</p> |

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|------------|-----------------------------------|------------|-----|--|---|
| | Este | Norte | | | |
| Calicata 7 | 4766051,32 | 2045119,09 | | <p>Horizonte A (0-15 cm): Suelo con textura franco-arenosa, color pardo grisáceo, suelo compacto. Suelo sin adherencia ni plasticidad. Perfil poco profundo.</p> <p>Horizonte B (> 15 cm) Textura franco arenosa, color pardo amarillo, moteado gris, perfil profundo, sin adherencia ni plasticidad.</p> |  |

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|------------|-----------------------------------|------------|-----|--|--|
| | Este | Norte | | | |
| Calicata 8 | 4764645,17 | 2045500,89 | | <p>Horizonte A (0-50 cm): Suelo con textura franco-arcillosa, color pardo grisáceo. Con parches grises claros. Suelo sin plasticidad y con adherencia baja. Presencia de raicillas. Uso del suelo Ganadería. Paisaje llanura, relieve planicie.</p> <p>Horizonte B (> 50 cm) Textura franco arenosa, color gris oscuro, moteado gris, sin adherencia ni plasticidad</p> |  |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

Adicional a la apertura de las calicatas, se realizó la excavación de cajuelas con una profundidad de 50 cm, con un total de 11 cajuelas, con el objetivo de tener una mayor precisión en la caracterización del suelo presente en las unidades. A continuación, se muestra la descripción de los perfiles de suelos Figura 5.1-113 y Tabla 5.1-48.

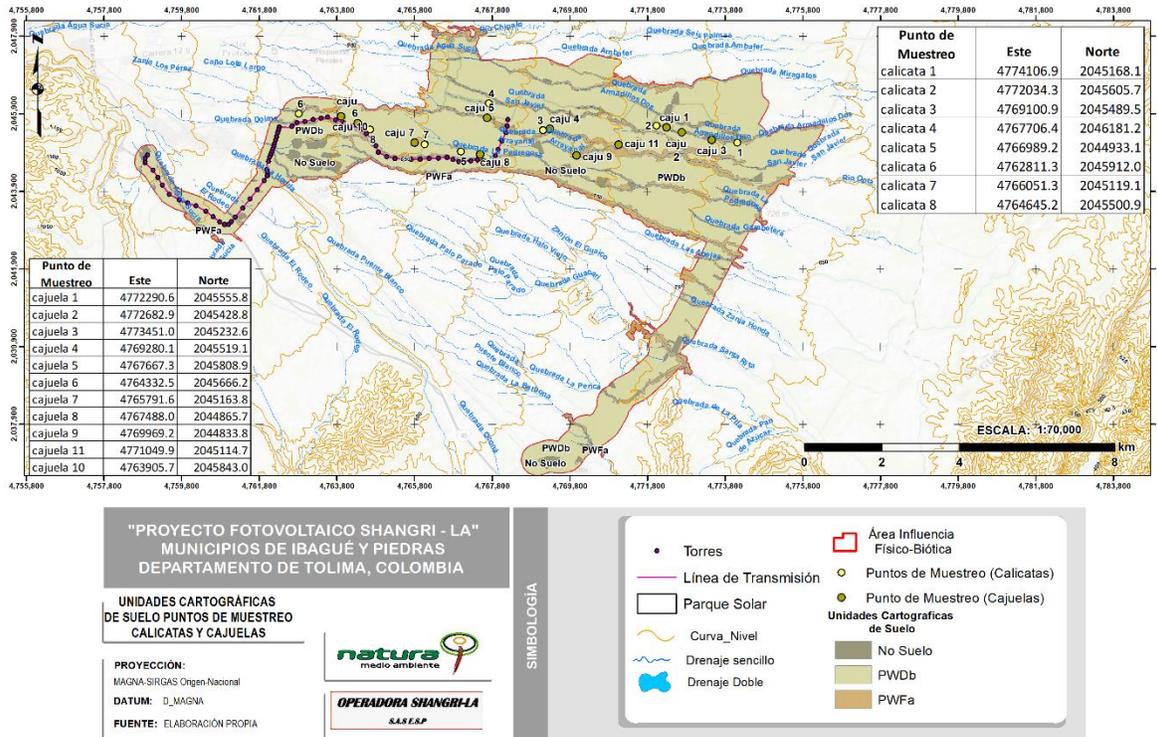


Figura 5.1-113 Localización de cajuelas dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-48 Descripción perfiles de suelo (cajuelas) en la zona de estudio

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|-----------|-----------------------------------|------------|------|--|--|
| | Este | Norte | | | |
| Cajuela 1 | 4772290,60 | 2045555,76 | PWFa | <p>Horizonte A (0-30 cm) Suelo con textura arenosa, color grisáceo. Presencia de raicillas. Presencia de rocas de diámetro pequeño. Suelo sin adherencia y plasticidad. Uso del suelo ganadería.</p> <p>Horizonte B (> 30) Suelo con textura franco arenoso, color pardo grisáceo. Presencia de rocas de diámetro pequeño. Suelo sin adherencia y plasticidad baja.</p> |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|-----------|-----------------------------------|------------|-----|---|---|
| | Este | Norte | | | |
| Cajuela 2 | 4772682,86 | 2045428,84 | | <p>Horizonte A (0-30 cm) Suelo con textura franco arenoso, color pardo grisáceo, moteado amarillo. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia media y plasticidad baja.</p> <p>Horizonte B (> 30) Suelo con textura franco arenoso, color pardo grisáceo. Suelo compacto. Suelo con baja plasticidad y adherencia.</p> |  |

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|-----------|-----------------------------------|------------|-----|---|---|
| | Este | Norte | | | |
| Cajuela 3 | 4773450,96 | 2045232,58 | | <p>Horizonte A (0-30 cm) Suelo con textura franco arenoso, color pardo grisáceo, moteado amarillo. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia media y plasticidad baja.</p> <p>Horizonte B (> 30) Suelo con textura franco arenoso, color pardo grisáceo. Suelo compacto. Suelo con adherencia y plasticidad baja.</p> |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|-----------|-----------------------------------|------------|------|--|--|
| | Este | Norte | | | |
| Cajuela 4 | 4769280,14 | 2045519,11 | PWDb | <p>Horizonte A (> 40 cm) Suelo con textura franco arenosa, color pardo grisáceo, moteado gris claro. Presencia de raicillas. Suelo con adherencia y plasticidad baja.</p> |  |
| Cajuela 5 | 4767667,25 | 2045808,87 | | <p>Horizonte A (> 60) Suelo con textura franco-arenosa, color pardo. Presencia de raicillas. Suelo compacto. Suelo con baja adherencia y plasticidad media. Perfil profundo. Suelo compacto.</p> |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|-----------|-----------------------------------|------------|-----|---|--|
| | Este | Norte | | | |
| Cajuela 6 | 4764332,49 | 2045666,24 | | <p>Horizonte A (> 50) Suelo con textura franco arenoso, color pardo amarillo. Presencia de raicillas. Suelo sin adherencia y plasticidad.</p> |  |
| Cajuela 7 | 4765791,62 | 2045163,80 | | <p>Horizonte A (> 50 cm) Suelo con textura franco arenoso, color amarillo grisáceo. Presencia de raicillas. Suelo sin adherencia y plasticidad.</p> |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|-----------|-----------------------------------|------------|-----|---|---|
| | Este | Norte | | | |
| Cajuela 8 | 4767487,96 | 2044865,65 | | <p>Horizonte A (> 50 cm) Suelo con textura franco arenoso, color amarillo. Presencia de raicillas. Suelo sin adherencia y plasticidad.</p> | <p>5/05/2022 09:01:53 AM 4°24'17.147662"N -75°53'46.02837"W Urb: Tolima, Tolima Altitud: 318.5 m Velocidad: 0.0 m/s Número de indicio: 2592</p> |
| Cajuela 9 | 4769969,19 | 2044833,83 | | <p>Horizonte A (> 50 cm) Suelo con textura franco arenosa, color amarillo, moteado gris. Presencia de raicillas. Suelo sin adherencia y plasticidad baja.</p> | <p>5/05/2022 09:02:58 AM 4°24'10.427602"N -75°47'21.6545"W Urb: Tolima, Tolima Altitud: 758.1 m Velocidad: 0.0 m/s Número de indicio: 2593</p> |

| Punto | Coordenadas Origen Único Nacional | | UCS | Descripción | Fotografía |
|------------|-----------------------------------|------------|-----|---|--|
| | Este | Norte | | | |
| Cajuela 10 | 4763905,74 | 2045842,95 | | <p>Horizonte A (> 50 cm)</p> <p>Suelo con textura franco arenoso, color amarillo. Presencia de raicillas. Suelo sin adherencia y plasticidad baja.</p> |  <p>16/05/2021 11:09:40 a.m. 4°24'42,65566"N -75°7'42,04511"W 281° W Ibagué - Dto. Tolima Ibagué Tolima Altitud: 922.0m Velocidad: 0.0 m/s Número de índice: 4145</p> |
| Cajuela 11 | 4771049,86 | 2045114,72 | | <p>Horizonte A (> 50)</p> <p>Suelo con textura franco arenoso, color pardo amarillo. Presencia de raicillas. Suelo sin adherencia y plasticidad baja.</p> |  <p>16/05/2021 01:24:09 a.m. 4°24'16,52741"N -75°3'50,41020"W 283° W Altitud: 766.6m Velocidad: 0.0 m/s Número de índice: 4145</p> |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.4 Caracterización fisicoquímica de las unidades de suelo

Dentro de la caracterización realizada dentro de las unidades de suelo, se realizó la apertura de 8 calicatas en las cuales se tomaron las respectivas muestras de suelos, con las cuales fue realizado análisis de laboratorio, para tener una caracterización más completa de los componentes de cada unidad Tabla 5.1-49 y Figura 5.1-114 .

Tabla 5.1-49 Localización calicatas zona de estudio

| Punto | Numeración figura | Profundidad | Coordenadas | |
|------------|----------------------|-------------|-------------|------------|
| | | | Este | Norte |
| Calicata 1 | 1 | 100 | 4774106,93 | 2045168,11 |
| Calicata 2 | 2 | 80 | 4772034,27 | 2045605,66 |
| Calicata 3 | 3 | 90 | 4769100,94 | 2045489,53 |
| Calicata 4 | 4 | 60 | 4767706,39 | 2046181,17 |
| Calicata 5 | 5 | 80 | 4766989,18 | 2044933,11 |
| Calicata 6 | 6 | 90 | 4762811,31 | 2045911,97 |
| Calicata 7 | 7 | 100 | 4766051,32 | 2045119,09 |
| Calicata 8 | 8 | 90 | 4764645,17 | 2045500,89 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

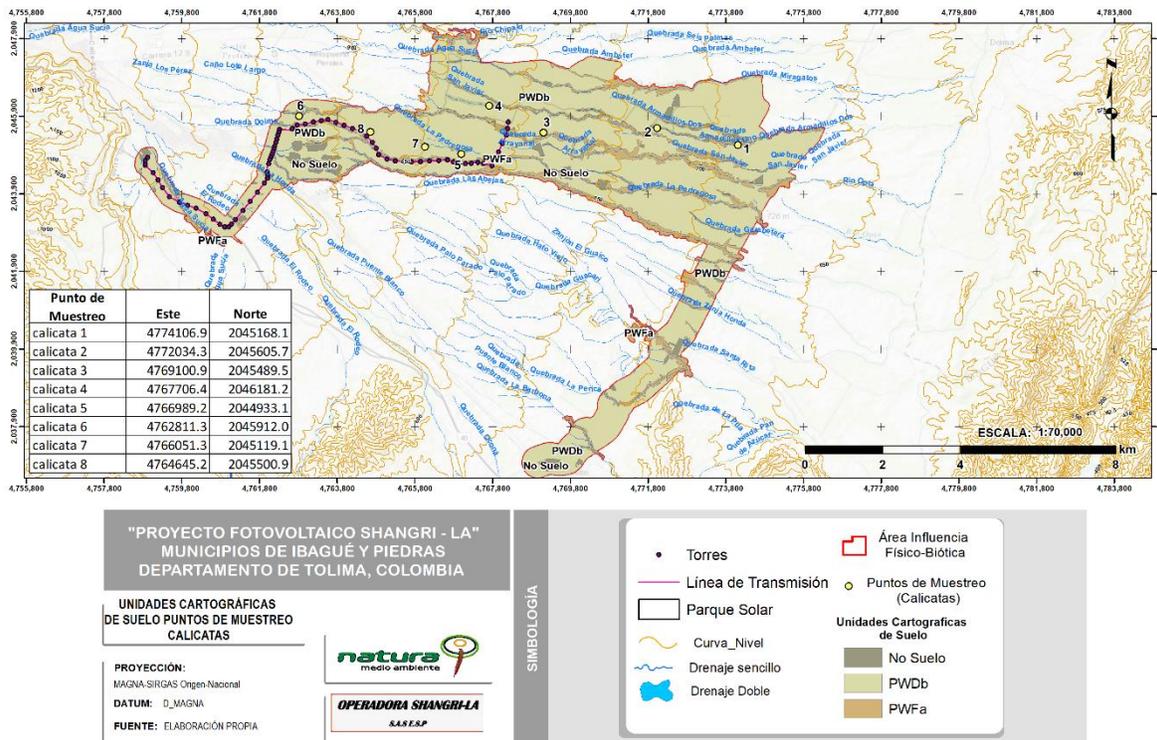


Figura 5.1-114 Puntos de control Suelo dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.4.1 Metodología de muestreo

En el marco del desarrollo del presente proyecto fue realizado un muestreo de las características fisicoquímicas y biológicas en la unidad cartográfica de suelo. Las muestras de suelo recolectadas en campo, fueron enviadas al Laboratorio Nacional de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, para su respectivo análisis. Dichas muestras fueron marcadas para su posterior reconocimiento en el laboratorio

El muestreo adecuadamente concebido y realizado, es una tarea muy importante, debido a que constituye la herramienta básica para la veeduría y el control de su calidad. El propósito del muestreo es obtener, para su análisis, una porción del suelo, que sea verdaderamente representativa. Los factores más críticos, necesarios para la

representatividad de una muestra son el sitio, tiempo y el mantenimiento de la integridad de la muestra previo a su análisis.

El muestreo realizado fue de tipo manual, siguiendo las directrices plasmadas en el procedimiento del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). A continuación, se cita el procedimiento para muestreo en suelos, sedimentos y otros materiales geológicos:

- Tomar nota de todas las características de sitio como la ubicación de la muestra, descripción de suelo, procedimientos usados, datos de seguridad, conversaciones con clientes o empleados del sitio, mediciones, estado del tiempo, etc.
- Cortar el césped, si aplica. Guardar el césped para la restauración del hoyo después de realizado el muestreo.
- Cuando las muestras son recolectadas por espátula, pala o cuchara, use un limpiador para remover residuos de suelo de la herramienta colocando los desperdicios en un recipiente plástico
- Empacar las muestras en contenedores. Si un análisis orgánico volátil va a ser ejecutado, transferir una porción de la muestra directamente dentro de un contenedor apropiado con una cuchara metálica o con guantes. Tapar el contenedor hasta el tope, estando seguro de que no existan espacios en la parte superior del contenedor. Inmediatamente marque la muestra. Para otros tipos de muestras simples sitúe una porción de suelo dentro de una vasija metálica limpia o balde y mezcle hasta obtener una muestra homogénea. Si después de la mezcla la muestra parece ser homogénea, transferir la muestra a un contenedor. Ubique la muestra dentro de un contenedor apropiado con los preservativos químicos apropiados. Si la muestra es compuesta, ubicar las muestras desde todos los puntos de muestreo o intervalos dentro de un contenedor y mezclar hasta homogenizar el material. Después de que la mezcla es completada, colocar la muestra en un contenedor con tapa. Marca el contenedor.
- Completar los formatos con los datos de las muestras recolectadas.

Ibagué y Piedras (Tolima)

- Colocar todas las muestras dentro de un cuarto frío o algún dispositivo similar a 4°C.
- Rellenar los hoyos abiertos con el material almacenado.
- Limpiar y restaurar el sitio de muestreo.
- Descontaminar los equipos y el sitio de muestreo.
- Antes de abandonar el sitio, anotar los puntos donde se tomaron las muestras y revisar todo lo anotado.
- El muestreo y transporte de las muestras se realizó garantizando la integridad física, química y biológica de las muestras durante el período transcurrido entre la toma y los análisis de las mismas; aplicando métodos de preservación internacionalmente aceptados entre otros, aislamiento de metales, protección contra la luz directa y control de temperatura al refrigerar las muestras a 4 grados centígrados, utilizando hielo para tal fin.
- El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis (chain-of custody procedure) es esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados. Este proceso consiste en seguir o monitorear las condiciones de la toma de muestra, preservación, dosificación, transporte y su posterior análisis. Se considera que una muestra está bajo custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.
- Plan de Muestreo: Antes del muestreo se debe realizar el plan de muestreo que contiene la información sobre: Tipo de muestreo, número de muestras por punto de muestreo, sitio de monitoreo, recipientes, parámetros a analizar, preservación y además aspectos logísticos relacionados.
- Etiquetas: Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, estas fueron etiquetadas, teniendo en cuenta la siguiente información: Numero de muestra, fecha y lugar de recolección, preservación realizada según sea el caso y la firma de la persona que realiza el monitoreo.
- Datos de campo y Cadena de Custodia: Se debe registrar toda la información pertinente a las observaciones de campo o del muestreo en el formato cadena

Ibagué y Piedras (Tolima)

de custodia según la matriz de análisis a monitorear, en el que se incluye: Tipo de muestreo, Matriz de Análisis, localización y georreferenciación de la estación de muestreo o del punto de muestreo, empresa que solicita el servicio, número de la muestra, fecha y hora de la realización del monitoreo, firma de la persona que realiza el monitoreo, tipo de muestra y método de preservación si es aplicable. Se debe estipular también el número y cantidad de recipientes y muestra tomada; la descripción del punto y método de muestreo; la fecha de recolección y hora cuando aplique; referencias tales como diagramas del sitio de muestreo; observaciones y mediciones de campo; y firmas del personal responsable de las observaciones. Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, es esencial registrar la información suficiente de tal manera que se pueda reconstruir el evento del muestreo.

- Envío de la muestra al laboratorio: Las muestras deben ser entregadas en el laboratorio lo más pronto posible después del muestreo, teniendo en cuenta los tiempos máximos de almacenamiento previos al análisis de los parámetros; las muestras deberán ser enviadas de tal forma que se cumpla este requerimiento o el tiempo de retención mínimo para el grupo de parámetros a analizar, por transporte terrestre o aéreo, además de las condiciones particulares establecidas en el instructivo de "Recipientes, preservación y almacenamiento de muestras por parámetros".

El procedimiento de muestreo para suelos consiste en la determinación de la localización y la profundidad del muestreo como primera medida (aquí se puede escoger la forma de muestreo, bien sea a partir de una cuadrícula, en Zig-Zag o en diagonales). El procedimiento de muestreo de suelos, sedimentos y lodos contempla las siguientes metodologías según el tipo de muestra a evaluar.

- Muestra simple o puntual: Muestra en el sitio; una muestra discreta tomada aleatoriamente en un área bien sea de suelo, sedimentos o lodos.
- Reducción del tamaño de la muestra (Cuarteo): Con el fin de reducir la masa de la muestra, se debe mezclar muy bien el total de esta amontonándola

sobre una superficie limpia, plana y dura, para formar un cono. Luego se le da la vuelta con una pala, para formar un nuevo cono. Esta operación se lleva a cabo tres veces. Luego el montículo se divide en cuartos, que deben ser de diámetro y espesor uniforme y se debe considerar y recombinar los cuartos opuestos diametralmente. El proceso se repite hasta que los dos cuartos finales producen la masa de muestra requerida. Los cuartos pueden ser utilizados para la toma de muestras por duplicado o triplicado (Figura 5.1-115).



Figura 5.1-115 Toma de muestras dentro del Área de Estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.4.2 Resultados de laboratorio de suelos

La estructura de los suelos se encuentra directamente relacionada con el crecimiento de las plantas, cuando el suelo se encuentra en un estado desfavorable genera factores que impiden el crecimiento y el desarrollo de los mismos, unos de los principales factores que atribuyen a que el suelo no sea fértil es el exceso o la deficiencia del agua, la falta de aire, la baja actividad microbiana, el exceso de metales, la escasas o exceso de material orgánico, la invasión de área por factores infiltrantes, el impedimento para el desarrollo de las raíces, entre otros factores. Todos los suelos presentan características y

propiedades diferentes, lo que conlleva a que sus propiedades químicas varíen, es difícil establecer a partir de qué concentración un componente del suelo deja de ser útil o se encuentra en proceso de convertirse en un material contaminante.

5.1.5.4.3 Parámetros Físicos

Dentro de los parámetros de caracterización física de los suelos de la zona de estudio se analizaron los siguientes parámetros (Tabla 5.1-50):

Tabla 5.1-50 Parámetros físicos evaluados

| Parámetro | Método |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Conductividad eléctrica | NTC 5403 Walkley Black-Volumetría |
| Humedad | NTC 1495 Gravimetría |
| T-Arcilla | IGAC 6ª Edición Modificado-Bouyoucos |
| T-Arena | IGAC 6ª Edición Modificado-Bouyoucos |
| T-Limo | IGAC 6ª Edición Modificado-Bouyoucos |
| Textura | IGAC 6ª Edición Modificado-Bouyoucos |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Resultados parámetros

Los resultados de los parámetros evaluados para describir las características físicas del suelo de la zona de estudio se presentan a continuación en la Tabla 5.1-51.

Tabla 5.1-51 Parámetros físicos evaluados

| Parámetro | Unidades | Resultados | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Calicat a 1 | Calicat a 2 | Calicata 3 | Calicat a 4 | Calicat a 5 | Calicat a 6 | Calicat a 7 | Calicat a 8 |
| Conductividad eléctrica | dS/m | 0.06 | 0.19 | 0.05 | 0.21 | 0.08 | 0.08 | 0.06 | 0.53 |
| Humedad | % | 14.77 | 42.75 | 19.24 | 16.69 | 21.45 | 21.68 | 14.30 | 19.11 |
| T-Arena | % P/P | 39 | 2 | 71 | 45 | 5 | 29 | 58 | 68 |

| Parámetro | Unidades | Resultados | | | | | | | |
|-----------|----------|------------|----------------|------------------|------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| | | Calicata 1 | Calicata 2 | Calicata 3 | Calicata 4 | Calicata 5 | Calicata 6 | Calicata 7 | Calicata 8 |
| T-Limo | % P/P | 39 | 49 | 27 | 32 | 65 | 54 | 35 | 27 |
| T-Arcilla | % P/P | 22 | 49 | 2 | 23 | 30 | 17 | 7 | 5 |
| Textura | N/A | Franca | Arcillo-limosa | Franco-arenosa 2 | Franca | Franco - arcillo-limosa | Franco - limosa | Franco - arenosa | Franco - arenosa |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Conductividad eléctrica

La salinidad del suelo, se refiere a la cantidad de sales presentes en la solución del suelo, y puede ser estimada directamente mediante la medición de la conductividad eléctrica (CE). El valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas.

Una conductividad eléctrica presente en la zona de estudio es baja, inclusive en el punto denominado calicata 8, lo que indica que en la solución del suelo no se presentan sales una cantidad elevada disueltas lo que conduce a que este parámetro tenga un valor no muy elevado; lo que concuerda con los valores de pH de neutro a ácido. Un aumento en la CE traerá como consecuencia una disminución de rendimiento de las plantas. **(Figura 5.1-116)**

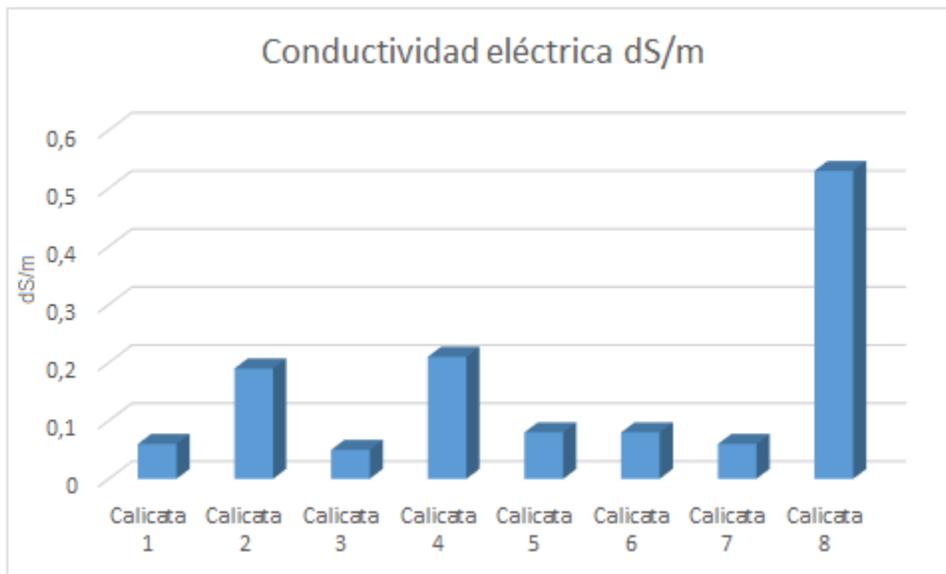


Figura 5.1-116 Valores conductividad eléctrica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Humedad

El porcentaje de humedad en el suelo nos permite establecer la capacidad que tiene el suelo para retener agua y a su vez esta ser aprovechada por las plantas en su desarrollo.

La humedad en los diferentes puntos muestreados indica que, en general se tiene una humedad promedio inferior al 20 %; el único punto donde la humedad presenta un alto porcentaje (44%), en el punto calicata 20%, porque este punto muestreado sin bajos inundable, y el día de la toma de la muestra se presentó una lata precipitación, lo que pudo causar una alta concentración dentro de agua dentro del perfil. (Figura 5.1-117)

Ibagué y Piedras (Tolima)

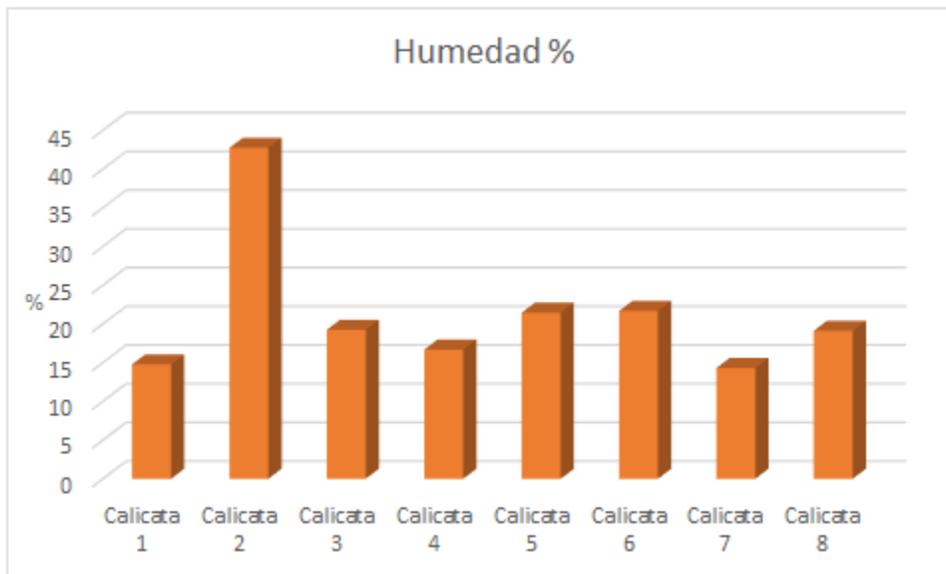


Figura 5.1-117 Valores humedad

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Textura

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa.

En la **Figura 5.1-118**, se puede ver el contenido en porcentaje de arena, limo y arcilla en cada uno de los puntos muestreados, lo que determina el tipo de textura que tiene cada suelo. A partir de esta información se pudo establecer que el grupo textural que tiene mayor porcentaje de presencia dentro de la zona de estudio es Franco-arenosa con un 40%, mientras se tiene una textura franca con un 30%, y con un 10% las texturas arcillo-limosa franco limoso y franco-arcillo-limosa, respectivamente (**Figura 5.1-119**).

Ibagué y Piedras (Tolima)

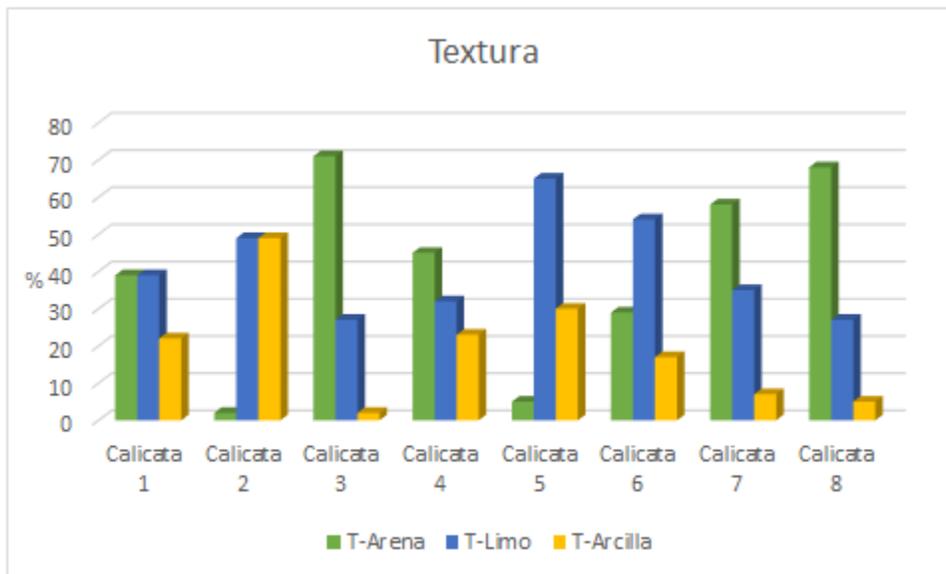


Figura 5.1-118 Valores Texturas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

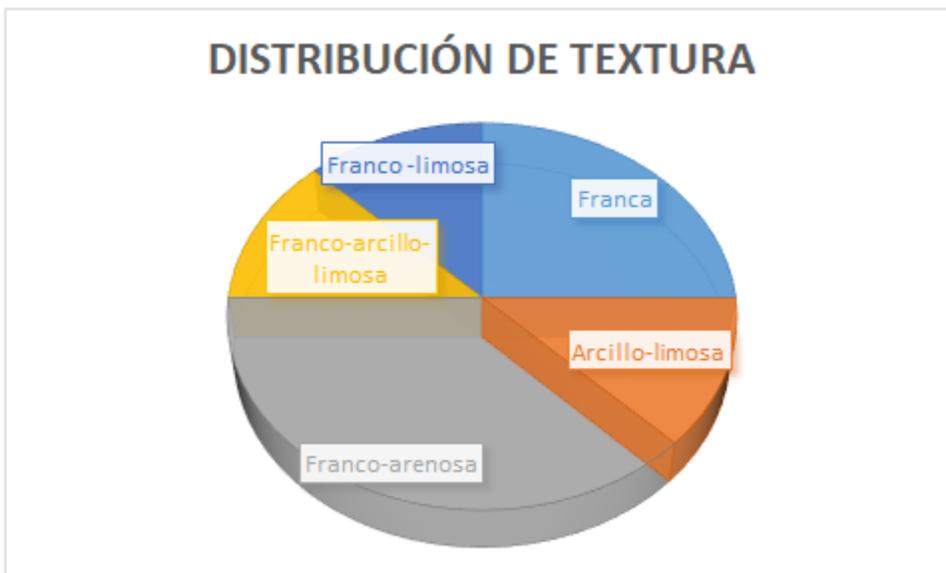


Figura 5.1-119 Distribución de textura

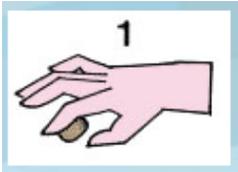
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

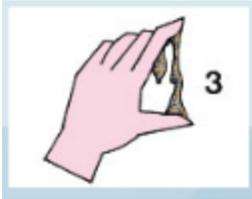
➤ Adherencia y plasticidad

La consistencia del suelo es la firmeza con que se unen los materiales que lo componen o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura. La consistencia del suelo se mide por muestras de suelo mojado, húmedo y seco. En los suelos mojados, se expresa como adhesividad y plasticidad, tal como se define infra. La consistencia del suelo puede estimarse en el campo mediante ensayos sencillos, o medirse con mayor exactitud en el laboratorio. Para el área de estudio la consistencia fue determinada directamente durante el trabajo de campo.

La adhesividad, es la cualidad que tienen los materiales del suelo de adherirse a otros objetos. En campo la adhesividad se determina presionando una pequeña cantidad de suelo mojado entre el pulgar y el índice para comprobar si se adhiere a los dedos. Después se separa lentamente los dedos obteniendo: No adherente, ligeramente adherente, adherente, muy adherente (Tabla 5.1-52 y Figura 5.1-120).

Tabla 5.1-52 Adherencia del suelo

| TIPO ADHERENCIA | DEFINICIÓN | DIAGRAMA |
|-----------------------|---|--|
| No Adherente | Si el suelo no se adhiere o prácticamente no queda material adherido a los dedos. |  |
| Ligeramente Adherente | Si el suelo comienza a adherirse a ambos dedos, pero al separarlos uno de ellos queda limpio y no se aprecia estiramiento cuando los dedos comienzan a separarse. |  |

| TIPO ADHERENCIA | DEFINICIÓN | DIAGRAMA |
|-----------------|--|--|
| Adherente | Si el suelo se adhiere a ambos dedos y tiende a estirarse un poco y a partirse y a no separarse de los dedos. |  |
| Muy Adherente | Si el suelo se adhiere fuertemente a ambos dedos, y cuando ambos se separan se observa un estiramiento del material. |  |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-120 Medición parámetro Adherencia en campo

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

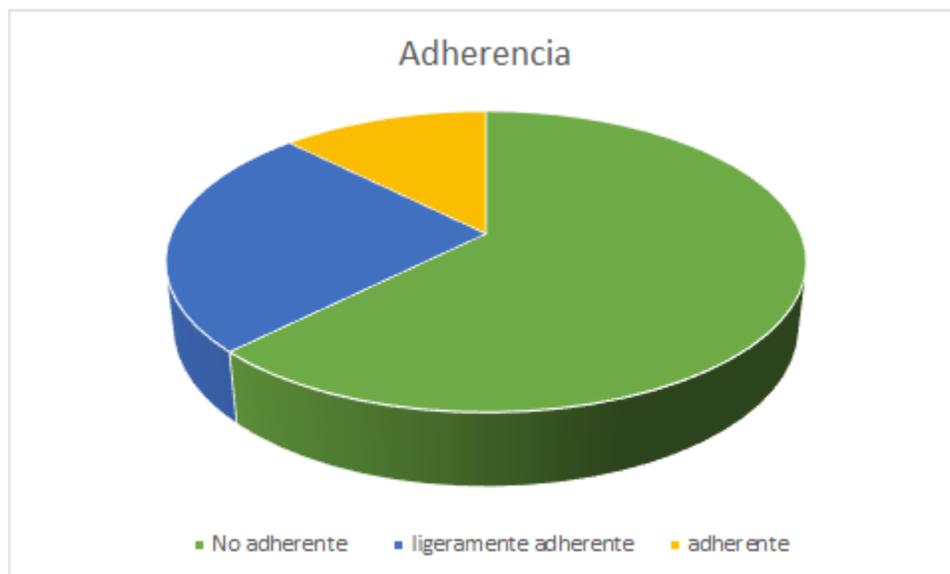


Figura 5.1-121 Adherencia de suelos

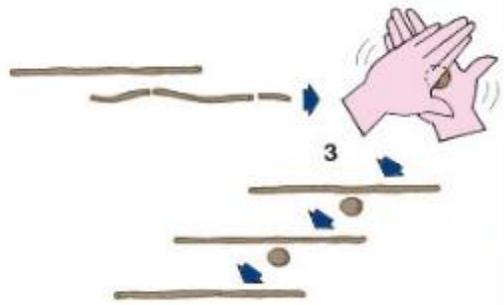
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Los suelos registrados dentro del área de estudio fueron clasificados como como ligeramente adherentes, Figura 5.1-121 .

La plasticidad del suelo se determina tomando una pequeña cantidad de suelo mojado entre las palmas hasta formar una tira larga y redondeada parecida a un cordón de unos 3 mm de espesor. Calificando la plasticidad de la siguiente manera (Tabla 5.1-53 y Figura 5.1-122)

Tabla 5.1-53 Plasticidad del suelo

| TIPO ADHERENCIA | DEFINICIÓN | DIAGRAMA |
|----------------------|--|--|
| No plástico | Si no se puede formar un cordón |  |
| Ligeramente plástico | Si se puede formar un cordón, pero se rompe fácilmente y vuelve a su estado anterior |  |

| TIPO ADHERENCIA | DEFINICIÓN | DIAGRAMA |
|-----------------|---|--|
| Plástico | Si se puede formar un cordón, pero al romperse y volver a su estado anterior, no se puede formar nuevamente; |  |
| Muy Plástico | Si se puede formar un cordón que no se rompe fácilmente y cuando se rompe, se puede amasar entre las manos y volver a formarlo varias |  |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Figura 5.1-122 Medición parámetro plasticidad en campo

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Después del análisis realizado en campo para el parámetro de plasticidad, se pudo determinar que el suelo dentro del área de estudio es mayormente ligeramente plástico (Figura 5.1-123)

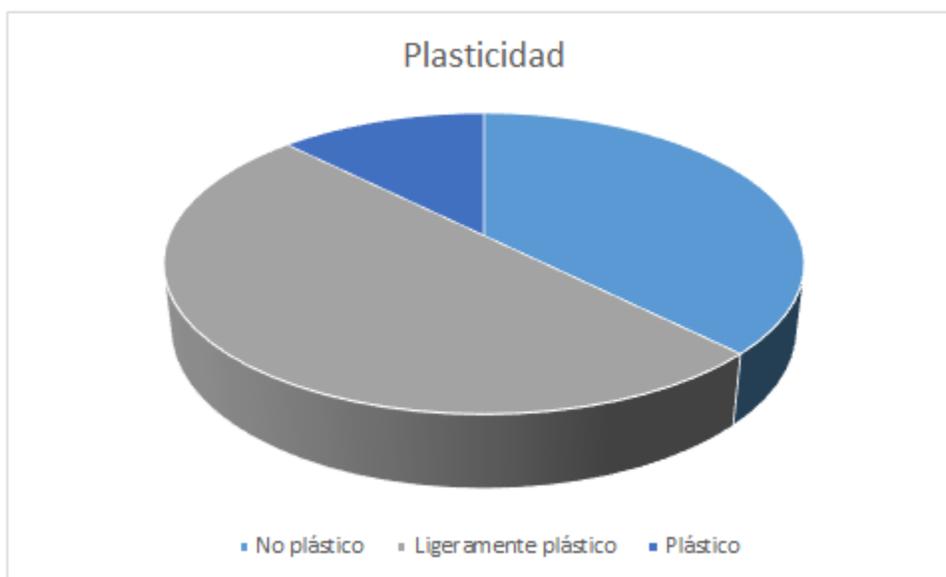


Figura 5.1-123 Plasticidad de los suelos

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.4.4 Parámetros químicos

Los resultados de los parámetros evaluados para describir las características químicas del suelo de la zona de estudio se presentan a continuación. (Tabla 5.1-54)

Tabla 5.1-54 Parámetros químicos evaluados

| Parámetro | Método |
|------------------------------------|--|
| Ph | EPA 9045 D Electrométrico |
| Carbono orgánico total | NTC 5403 Walkley Black-Volumetría |
| Materia orgánica | Cálculo |
| Capacidad de intercambio catiónico | NTC 5268 Acetato de Amonio 1N-Volumetría |
| Potasio intercambiable | NTC 5349 Emisión Atómica |
| Calcio intercambiable | NTC 5349 Absorción Atómica |

| Parámetro | Método |
|------------------------------------|--|
| Magnesio intercambiable | NTC 5349 Absorción Atómica |
| Sodio intercambiable | NTC 5349 Emisión Atómica |
| Fosforo disponible | NTC 5350 Bray II-Colorimetría |
| Aluminio intercambiable | NTC 5263 KCl 1N-Volumetría |
| Nitrógeno total | NTC 5889 Kjeldahl Modificado |
| Saturación de bases | Cálculo |
| % Sodio intercambiable | Cálculo |
| Hierro total | NTC 3934, Método A Modificado-Absorción atómica |
| Arsénico total | NTC 3888, SM 3113 B Modificado-Homo de Grafito |
| Selenio Total | NTC 3888, SM 3113 B Modificado-Homo de Grafito |
| Bario Total | NTC 3888, SM 3111 D Modificado-Absorción Atómico |
| Mercurio total | NTC 3888, SM 3112 B Modificado –Vapor frio |
| Grasas y aceites | EPA 9071 B Soxhlet-Gravimetría |
| Potencial de óxido reducción-Redox | LBC 216 Electrométrico |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Resultados parámetros

Los resultados de los parámetros evaluados para describir las características físicas del suelo de la zona de estudio se presentan a continuación en la Tabla 5.1-55.

Tabla 5.1-55 Parámetros químicos evaluados

| Parámetro | Unidades | Resultados | | | | | | | |
|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Calicata 1 | Calicata 2 | Calicata 3 | Calicata 4 | Calicata 5 | Calicata 6 | Calicata 7 | Calicata 8 |
| pH | N/A | 6.49 | 5.20 | 6.35 | 6.15 | 6.66 | 6.58 | 7.16 | 7.80 |

| Parámetro | Unidades | Resultados | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Calicata 1 | Calicata 2 | Calicata 3 | Calicata 4 | Calicata 5 | Calicata 6 | Calicata 7 | Calicata 8 |
| Carbono orgánico total | % | 1.14 | 1.27 | 0.93 | 1.22 | 0.92 | 0.94 | 0.75 | 0.93 |
| Materia orgánica | % | 1.97 | 2.19 | 1.60 | 2.10 | 1.59 | 1.62 | 1.2 | 1.60 |
| Capacidad de intercambio catiónico | Meq/100g | 13.87 | 22.53 | 8.93 | 13.87 | 12.10 | 9.21 | 11.97 | 9.2 |
| Potasio intercambiable | Meq/100g | 0.16 | 0.35 | 0.15 | 0.13 | 0.17 | 0.07 | 0.06 | 0.05 |
| Calcio intercambiable | Meq/100g | 6.64 | 8.03 | 4.47 | 8.16 | 7.91 | 6.52 | 8.40 | 6.83 |
| Magnesio intercambiable | Meq/100g | 5.13 | 4.11 | 1.99 | .85 | 3.03 | 2.28 | 1.62 | 2.49 |
| Sodio intercambiable | Meq/100g | 0.45 | 0.28 | 0.19 | 0.42 | 0.10 | 0.18 | 0.10 | 1.79 |
| Fosforo disponible | Mg/kg | 5.44 | 28.62 | 37.06 | 7.85 | 22.47 | 9.89 | 2.00 | 10.80 |
| Aluminio intercambiable | Meq/100g | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 | <0.10 |
| Nitrógeno total | % | 0.10 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.16 | 0.12 | 0.11 | 0.12 |
| Saturación de bases | % | 89.26 | 56.68 | 76.15 | 90.56 | 92.64 | 98.26 | 85.05 | 121.04 |

| Parámetro | Unidades | Resultados | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Calicata 1 | Calicata 2 | Calicata 3 | Calicata 4 | Calicata 5 | Calicata 6 | Calicata 7 | Calicata 8 |
| % Sodio intercambiable | % | 3.24 | 1.24 | 2.13 | 3.03 | 0.83 | 1.95 | 0.84 | 19.41 |
| Hierro total | % | 17.53 | 2.97 | 2.40 | 2.32 | 2.07 | 2.05 | 1.80 | 1.87 |
| Arsénico total | Mg/kg | 1.37 | 2.26 | 3.08 | 2.25 | 3.56 | 1.90 | 1.93 | 3.12 |
| Selenio Total | Mg/kg | 2.98 | 2.48 | 2.42 | 1.88 | 4.56 | 2.89 | 1.29 | 2.53 |
| Bario Total | Mg/kg | 174.80 | 50.00 | 499.70 | 499.80 | 224.50 | 174.80 | 224.60 | 374.60 |
| Mercurio total | Mg/kg | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Grasas y aceites | % P/P | 0.81 | 0.44 | 0.16 | 0.07 | 0.34 | 0.17 | 0.12 | 0.21 |
| Potencial de óxido-reducción-Redox | mV | 2.75 | -25 | 178 | 253 | 306 | 313 | 269 | 226 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

✓ pH

La relación de la saturación de bases con el pH es fundamental debido a que, con pocas excepciones, los suelos ácidos tienden a bajas concentraciones de calcio, magnesio, potasio y sodio, por lo que el porcentaje de saturación de bases es bajo. Adicionalmente, la acidez que es la medida de la actividad de los iones hidrógeno y aluminio en un suelo húmedo y se expresa como valores bajos en la escala de pH, reduce el crecimiento de las plantas y favorece la propagación de elementos tóxicos como el aluminio y el manganeso. El intercambio iónico, relaciona la acidez del suelo y la disponibilidad de nutrientes, ya que es un fenómeno natural que los suelos remplacen con el tiempo

cationes de los complejos de intercambio (Ca, Mg, Na, K) por H⁺. La acidificación de los suelos es un mecanismo normal que se produce por lavado de cationes y/o toma de nutrientes de las plantas.

El pH del suelo para la zona de estudio, es un pH ácido a neutro, ya que los valores oscilan de 5,2 a 7,8, los valores que permiten el desarrollo óptimo de las plantas van de 5,5 a 7,5; esto indica que los valores están dentro de estos parámetros. (Figura 5.1-124)

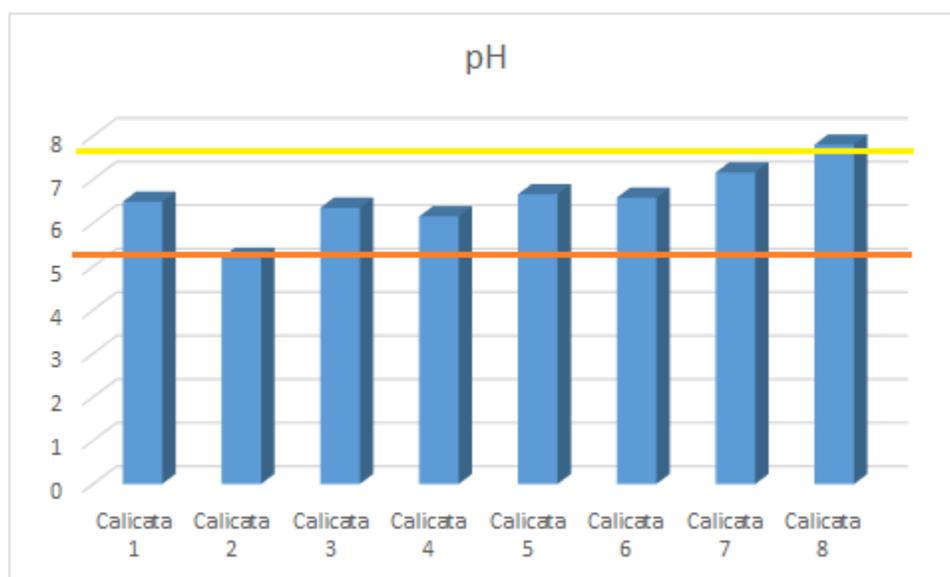


Figura 5.1-124 Valores de pH

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Carbono orgánico total

El carbono orgánico del suelo (COS) es el carbono que permanece en el suelo después de la descomposición parcial de cualquier material producido por organismos vivos. Constituye un elemento clave del ciclo global del carbono a través de la atmósfera, vegetación, suelo, ríos y océano.

Los resultados de los análisis de laboratorio, muestran un contenido de carbono orgánico en los puntos muestreados, menor a 1.3 mg/kg de suelo; es decir que el suelo por cada 100 kilogramos de suelo presenta una concentración de 1.3 miligramos de carbono orgánico, lo que es un valor muy bajo, evidenciando que este suelo es pobre en este contenido. (Figura 5.1-124)

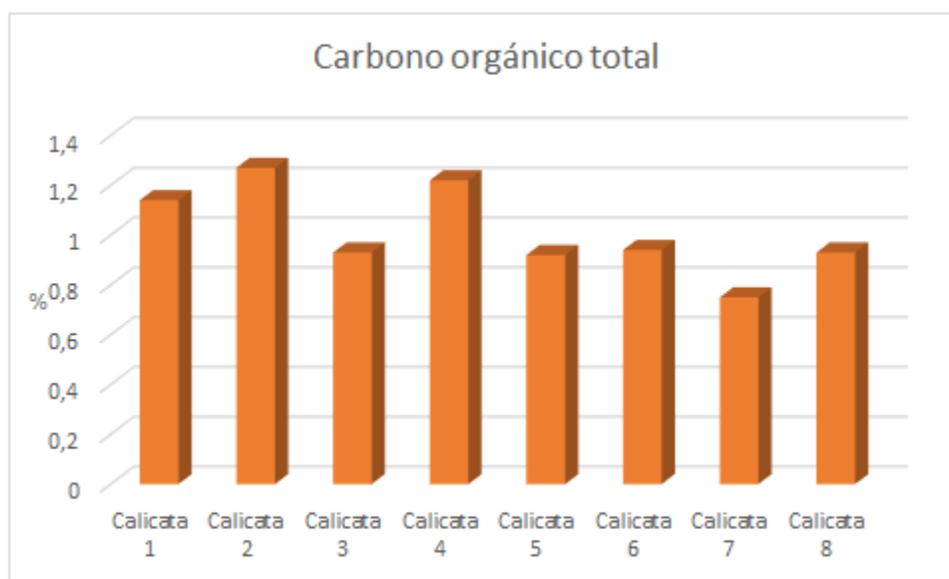


Figura 5.1-125 Valores Carbono orgánico total

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Materia orgánica

La materia orgánica representa, aproximadamente, el 5% del volumen de un suelo ideal. A pesar de ser un porcentaje relativamente pequeño, su presencia es altamente importante en el crecimiento de las plantas. La adición de residuos orgánicos al suelo, provenientes de plantas y animales y su posterior descomposición por los microorganismos, establecen dos procesos que determinan el nivel al cual se acumula materia orgánica en los suelos.

Las plantas son la principal fuente de materia orgánica, ya que parte de sus hojas, tallos, flores, frutos y generalmente todo el sistema radical, se quedan en el suelo cuando el cultivo es cosechado. Estos residuos generalmente son frescos, es decir, poseen aproximadamente entre 60 a 90% de humedad, lo cual depende del tipo de residuo orgánico. Esto significa que entre el 40 a 10% de materia seca podría incorporarse al suelo y su composición es muy variada: carbohidratos, grasas, aceites, lignina y proteínas, son los principales constituyentes y ellos son fuentes de carbono, hidrógeno y oxígeno, así como también, en el caso de las proteínas, de nitrógeno, azufre, hierro, fósforo, los cuales pudieran ser aprovechables por las plantas una vez que los microorganismos descomponen estos compuestos (Figura 5.1-126).

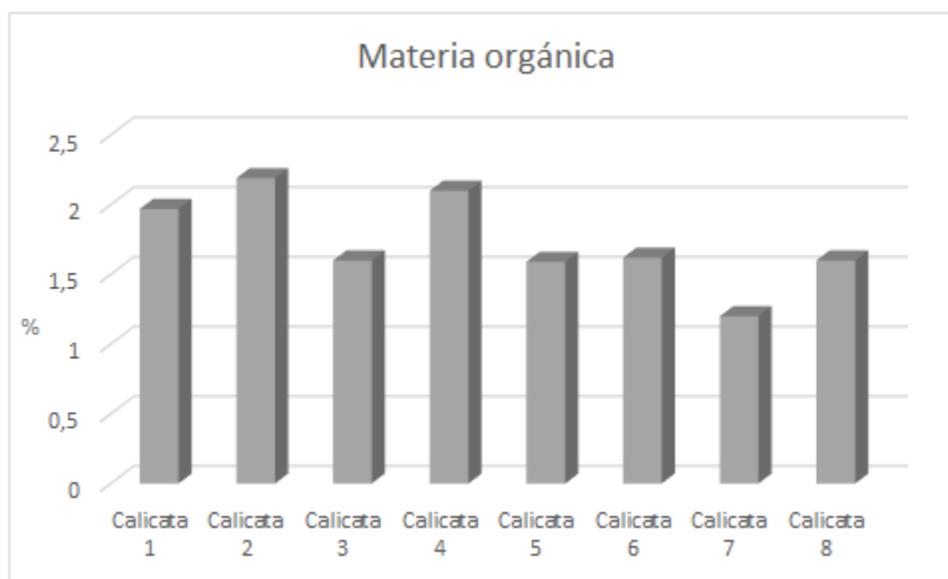


Figura 5.1-126 Valores Materia orgánica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)

Esta propiedad química del suelo se refiere a la cantidad total de cargas negativas que están disponibles sobre la superficie de las partículas en el suelo. También se puede

definir como el número total de cationes intercambiables que un suelo en particular puede o es capaz de retener (cantidad total de carga negativa). Conocer la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de un suelo es fundamental, pues este valor nos indica el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes (Figura 5.1-127).

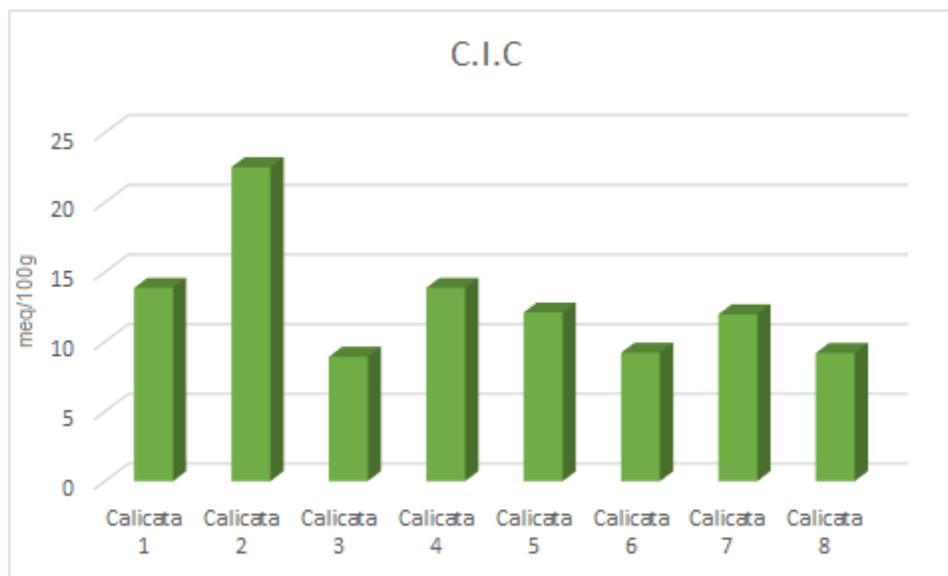


Figura 5.1-127 Valores Capacidad de intercambio catiónico

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Potasio intercambiable

Dentro del desarrollo de las plantas, el potasio es un elemento esencial, ya que cumple un rol en la formación correcta de estomas (células usualmente ubicadas en el envés de la hoja, que se abren y se cierran para permitir la salida de vapor de agua y de gases residuales) y actúa como un activador de enzimas. El potasio intercambiable, es una forma de potasio disponible en el suelo, que las plantas pueden extraer fácilmente.

Contenidos de potasio disponibles en el suelo son muy bajos, lo que indica que la disposición de este nutriente para el desarrollo de las plantas es muy limitada (Figura 5.1-128).

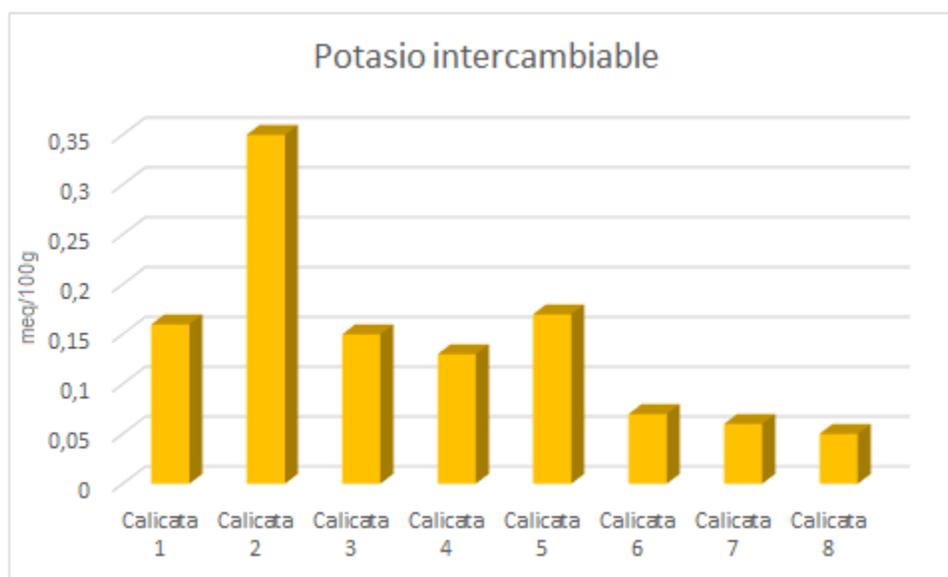


Figura 5.1-128 Valores Potasio intercambiable

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Calcio intercambiable

El calcio intercambiable, hace referencia al calcio que está disponible en el suelo para ser absorbido por las plantas, para los diferentes procesos metabólicos y estructurales requeridos por la misma. El calcio es un elemento que está ligado directamente con el pH del suelo, mientras más ácido es el suelo, menores son los contenidos de calcio, al contrario, entre más básico es el suelo los contenidos de calcio son más elevados.

Los valores de calcio arrojados por los análisis de laboratorio dentro del área de estudios, indican que los contenidos de este elemento son los óptimos para que las plantas se

desarrollen de manera óptima; esto debido a que los valores de pH, están dentro de los requeridos para el crecimiento de las plantas. (Figura 5.1-129)

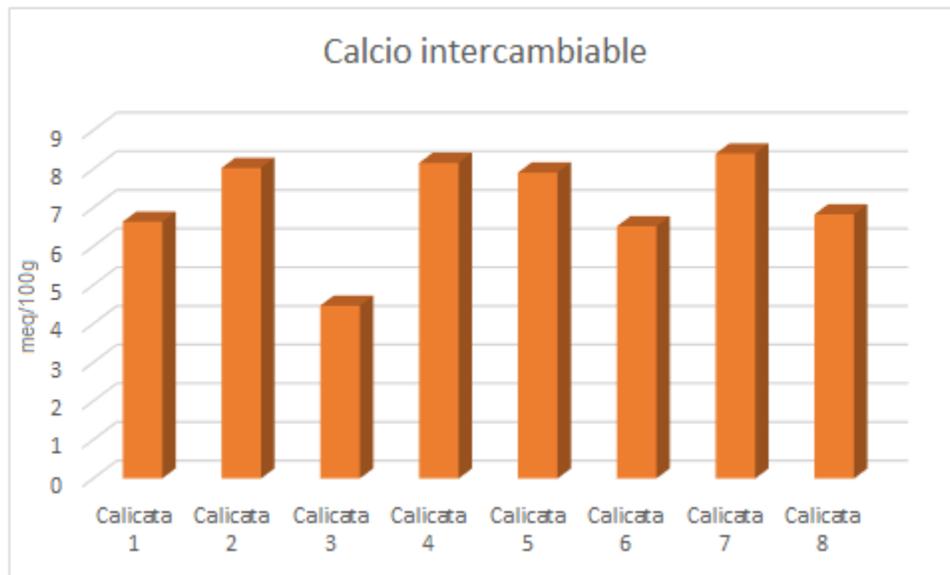


Figura 5.1-129 Valores Calcio intercambiable

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Magnesio intercambiable

El magnesio intercambiable nos indica la cantidad de este elemento que está disponible para las plantas dentro de la solución del suelo.

Los resultados arrojados por el laboratorio indican que las cantidades presente en el suelo son adecuadas para el desarrollo de las plantas, ya que las cantidades requeridas no son muy elevadas. (Figura 5.1-130)

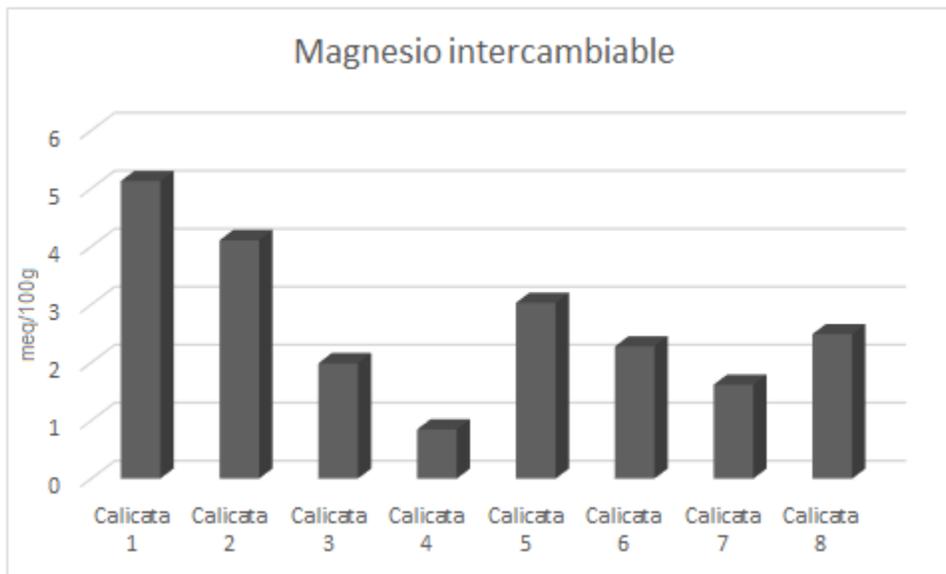


Figura 5.1-130 Valores Magnesio intercambiable

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Porcentaje de sodio intercambiable

El porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), se define como la cantidad de sodio adsorbido por las partículas del suelo. Cuando el valor sodio intercambiable supera el 15%, se clasifican como suelos sódicos. Para el área de estudio se observa un porcentaje con un valor de 3,01%, lo que indica que el contenido de sodio adsorbido en las partículas del suelo es bajo. El alto contenido de sodio en el suelo contribuye a la disgregación de las partículas del suelo y al aumento del pH.

➤ Fosforo disponible

El fósforo es otro elemento esencial para el desarrollo y crecimiento de las plantas; este elemento es de vital importancia dentro del metabolismo de las plantas, ya que hace parte de la mayoría de los procesos internos de la planta, tales como fotosíntesis, la síntesis de energía y degradación de carbohidratos. El fósforo en el suelo se puede encontrar en compuestos orgánicos y minerales.

Las concentraciones de fósforo en la solución del suelo, como se observa en la Figura 5.1-131, son muy variables de un punto de muestreo a otro, esto debido a la producción de arroz y la utilización de fertilizantes fosfatados, y por escorrentía (movimiento del agua en el suelo), que causa que se acumule en algunas zonas de bajas pendientes.



Figura 5.1-131 Valores Capacidad de intercambio catiónico

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Aluminio intercambiable

Se ha comprobado que en algunos suelos el Al^{+3} intercambiable es el catión dominante asociado con la acidez del suelo. Por tanto, en estos suelos la acidez intercambiable está formada por $Al^{+3} + H^{+}$ en diferentes proporciones. La acidez intercambiable en los suelos es el resultado de la presencia de hidrógeno (H^{+}) y Aluminio (Al^{+3}) que causan una disminución en el pH. La alta concentración de Al^{+3} genera toxicidad para las plantas, además de tener un efecto negativo sobre las propiedades químicas del suelo como solubilización, disponibilidad y absorción de nutrientes, físicas como estructura y estabilidad de agregados y biológicas como tipo de organismos presentes en el suelo,

ocasionando así una reducción en el crecimiento de las raíces lo cual afecta en forma negativa el crecimiento del cultivo.

El suelo de la zona de estudio presenta una baja concentración de cationes aluminio, en todos los puntos muestreados se tiene una concentración < 0.10 meq/100g; lo que indica que, a pesar de ser suelos con pH ácido, el catión no tiene una presencia significativa, lo que indica que no impedirá el desarrollo adecuado de las plantas, ni el crecimiento y poblaciones de biota del suelo (Figura 5.1-132).

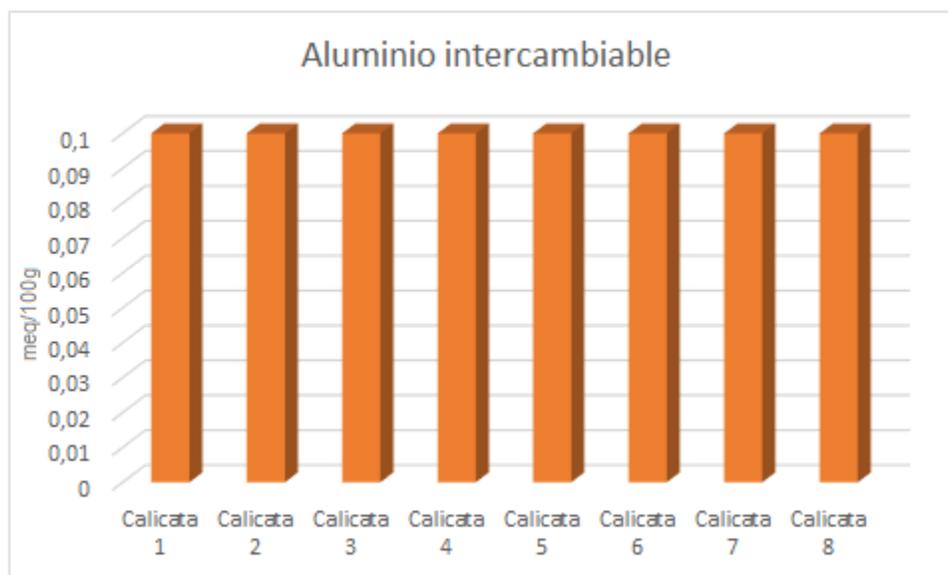


Figura 5.1-132 Valores Aluminio intercambiable

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Nitrógeno total

El nitrógeno es sino el nutriente más importante dentro del desarrollo vegetal, ya que este nutriente dentro de la planta hace que se genere masa vegetal, favorece la división celular, hace parte de la producción de la clorofila necesaria para el proceso fotosintético dentro de la planta y hace parte fundamental de los aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Los análisis de laboratorio, arrojaron como resultado que los porcentajes de nitrógeno en el suelo son muy bajos, teniendo en cuenta que los valores arrojados corresponden a la cantidad de nitrógeno total, es decir que el nitrógeno disponible para las plantas no es suficiente para su óptimo desarrollo (Figura 5.1-133).

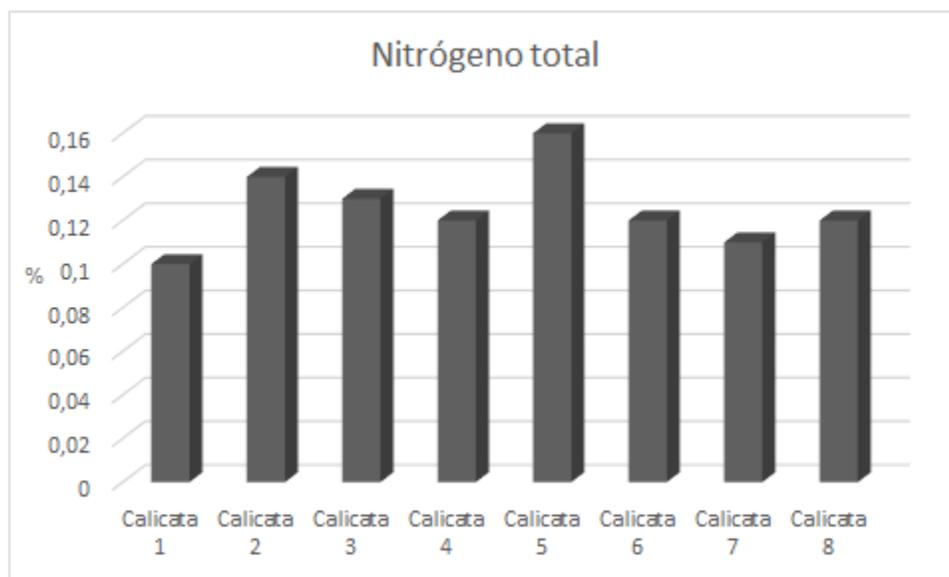


Figura 5.1-133 Valores Nitrógeno Total

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Saturación de bases

La saturación de bases representa el porcentaje de los sitios de intercambio en el suelo ocupados por los iones básicos Ca, Mg, Na y K. La diferencia entre ese número y 100 es el porcentaje de los sitios de intercambio ocupados por cationes ácidos: Al y H. En la mayoría de las situaciones, una saturación con bases relativamente alta (>60%) es deseable. El pH del suelo aumenta a medida que aumenta el porcentaje de saturación de bases, con saturaciones de base del 70% al 80% que representan suelos con pH >6.0. (Figura 5.1-134)

Ibagué y Piedras (Tolima)

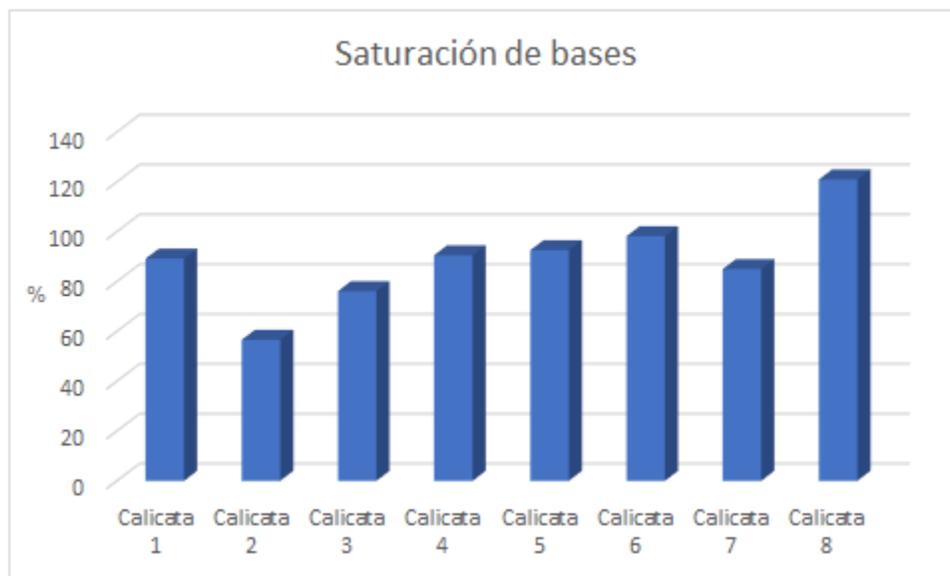


Figura 5.1-134 Valores Saturación de bases

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El suelo de la zona de estudio presenta valores de bajos a elevados de Saturación de Bases dentro de la solución del suelo, esto debido a la que las diferentes texturas presentes en la zona de estudio, ya que, dependiendo de los porcentajes de arcillas o partículas finas en el mismo, fija dentro de sus coloides los cationes, impidiendo así que se muevan dentro de la solución del suelo

➤ **Potencial de óxido reducción (Redox)**

Se denomina potencial de óxido reducción de un suelo a su capacidad reductora u oxidativa. Tal atributo se encuentra estrechamente vinculado con la aireación del sistema edáfico, así como con el pH, ya que ambos condicionan tanto la actividad microbiana como el tipo de reacciones que acaecen en él.

Los resultados arrojados por los análisis de laboratorio; para potencial óxido reducción se obtuvo un valor elevados, sobre 150 mV, lo que indica que el suelo tiene la capacidad de que los componentes se oxiden para estar disponibles y ser absorbidos por los

sistemas radiculares de las plantas. El punto nombrado Calicata 1, arroja un valor de 2,75 mV, lo que indica que su capacidad de transformar la energía química es casi nula; el punto conocido como Calicata 2, presenta valores negativos, lo que indica que permite la reducción de sus componentes. (Figura 5.1-135)



Figura 5.1-135 Valores Redox

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Metales

La presencia en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos (contaminantes) es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación. El contaminante está siempre en concentraciones mayores de las habituales (anomalías) y en general tiene un efecto adverso sobre algunos organismos. Por su origen puede ser geogénico o antropogénico. Los primeros pueden proceder de la propia roca madre en la que se formó el suelo, de la actividad volcánica o del lixiviado de mineralizaciones. Por el contrario, los antropogénicos se producen por los residuos peligrosos derivados de actividades industriales, agrícolas, mineras, etc. y de los residuos

sólidos urbanos. Desde un punto de vista legal, los contaminantes antropogénicos son los verdaderos contaminantes.

Se consideran como umbrales de contaminación, los umbrales mínimos que pueden representar contaminación o, al contrario, los valores máximos permitidos para suelos no contaminados. De cualquier manera, estos niveles han de ser contrastados con estudios toxicológicos que demuestren que esos valores no son peligrosos. Tampoco quiere decir, en principio, que los suelos cuyos valores superen esos umbrales deban ser considerados contaminados, aunque haya un exceso de elementos traza por encima de la media regional. La toxicidad de un elemento depende de su actividad biológica, es además particular para cada especie e individuo y finalmente depende de la forma en que se suministre (vía respiratoria, ingestión, contacto), por lo que sólo el estudio toxicológico podrá decidir la cantidad total biodisponible admisible de un elemento traza. Como la mayor peligrosidad está casi siempre relacionada con su ingestión como elemento disponible en solución, los valores límite, umbrales máximos permitidos, se dan teniendo esto en cuenta.

Para la determinación de los umbrales máximos de un componente en el suelo para determinar si un elemento es contaminante, se consultaron la norma de Louisiana 29B, y los límites máximos permitidos por la Unión Europea y Canadá. (Tabla 5.1-56).

Tabla 5.1-56 Límites máximos permitidos

| Metal | Unión Europea y Canadá | | | | | | Protocolo de Louisiana 29B |
|------------------|------------------------|--------|---------|-------|--------------|----------|----------------------------|
| | Austria | Canadá | Polonia | Japón | Gran Bretaña | Alemania | |
| Cadmio | 5 | 8 | 3 | N.E | N.E | 2 | 10 |
| Cromo | 100 | 75 | 100 | N.E | N.E | 200 | 500 |
| Níquel | 100 | 100 | 100 | 100 | 30 | 100 | 100 |
| Plomo | 100 | 200 | 100 | 400 | 50 | 500 | 500 |
| Selenio | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | 10 |
| Grasas y aceites | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | <1 |
| Cobre | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | 63 |
| Arsénico | 50 | 25 | 30 | N.E | N.E | 40 | 10 |

| Metal | Unión Europea y Canadá | | | | | | Protocolo de Lousiana 29B |
|---------------|------------------------|--------|---------|-------|--------------|----------|---------------------------|
| | Austria | Canadá | Polonia | Japón | Gran Bretaña | Alemania | |
| Bario | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | 20000 |
| Mercurio | 5 | 0.3 | 5 | N.E | 50 | 10 | 10 |
| Aluminio | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | 30 |
| Cloruros | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E |
| RAS | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | <12 |
| ESP | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | <15 |
| Hidrocarburos | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | N.E | 0.5 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Adicionalmente se consideró en la construcción de la, como criterio cualitativo la adsorción de los metales pesados por las plantas, la cual está fuertemente condicionada por el pH (y por ende la solubilidad). (Tabla 5.1-57)

Tabla 5.1-57 Concentraciones geoquímicas normales y anómalas de algunos elementos trazas en suelos

| ELEMENTO | RANGO NORMAL (ppm) | CONCENTRACIONES ANÓMALAS (ppm) |
|----------|--------------------|--------------------------------|
| As | <5-40 | Hasta 2500 |
| Cd | <1-2 | Hasta 30 |
| Cu | 60 | Hasta 2000 |
| Mo | <1-5 | 10-100 |
| Ni | 2-100 | Hasta 8000 |
| Pb | 10-150 | 10.000 o mas |
| Se | <1-2 | Hasta 500 |
| Zn | 25-200 | 10.000 o mas |

Fuente: Bowie & Thornton, 1985

Las figuras de los resultados para los parámetros analizados se muestran a continuación:

Ibagué y Piedras (Tolima)

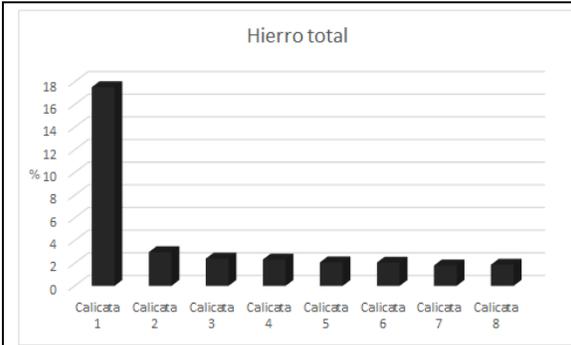


Figura 5.1-136 Valores Hierro Total

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

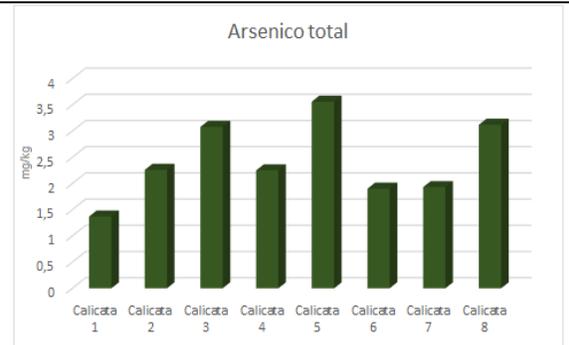


Figura 5.1-137 Valores Arsénico Total

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

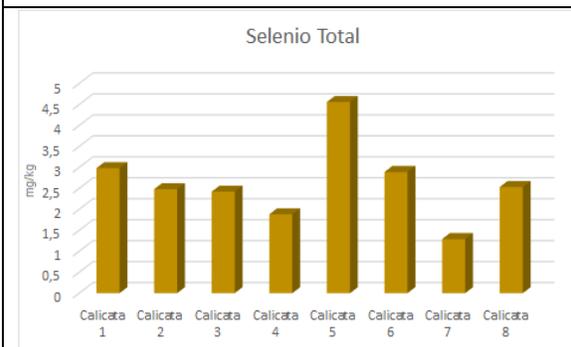


Figura 5.1-138 Valores Selenio Total

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

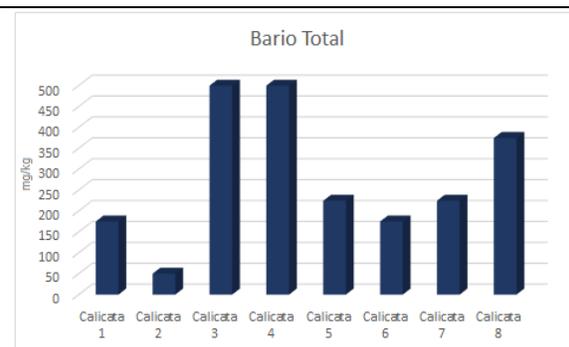
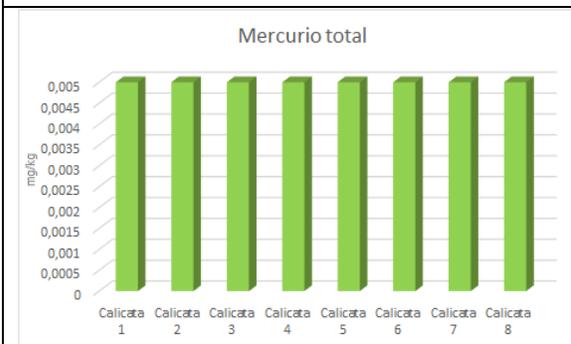
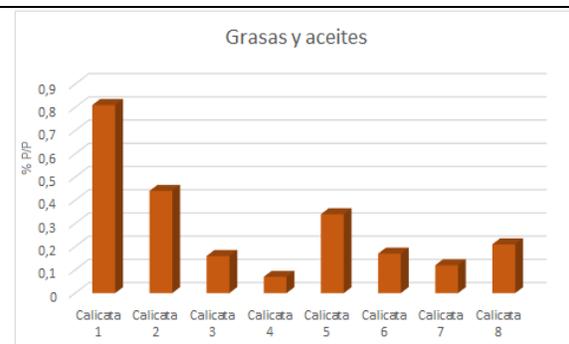


Figura 5.1-139 Valores Bario Total

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)



Mercurio total



Grasas y aceites

| | |
|---|---|
| <p>Figura 5.1-140 Valores Mercurio Total Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)</p> | <p>Figura 5.1-141 Valores Grasas y aceites Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)</p> |
|---|---|

Después de analizados los resultados obtenidos para los parámetros que miden la concentración de metales en el suelo, se pudo determinar que las concentraciones encontradas no representan ningún tipo de contaminación, ni riesgo de toxicidad ni anomalías en el desarrollo de las plantas, ya que los valores están muy por debajo de los límites permitidos, en cada uno de los metales evaluados (ver **Figura 5.1-136** hasta **Figura 5.1-141**)

5.1.5.5 Uso actual del suelo

El uso actual del suelo se obtuvo a partir de la fotointerpretación de cobertura del suelo y posterior corroboración en campo. La interpretación de cobertura vegetal se realizó a partir de una imagen de satélite de alta resolución, siguiendo la metodología "Corine Land Cover-Colombia, la cual es utilizada por entidades como el IGAC, INGEOMINAS e IDEAM. El sistema de clasificación CORINE Land Cover (Tabla 5.1-58) aborda la cobertura del suelo en cuatro (4) categorías.

En la primera se describen las unidades de cobertura, dentro de las que se encuentran los territorios artificializados, territorios agrícolas, bosques y áreas semi naturales, áreas húmedas y superficies de agua; en la segunda categoría se describen las clases de cobertura dentro de cada unidad, por ejemplo en los terrenos artificializados se encuentran zonas urbanizadas, zonas industriales, zonas de extracción minera y zonas verdes artificializadas; en la tercer categoría se describen los tipos de cobertura específicos dentro de las respectivas clases; por último en algunas unidades de cobertura como territorios agrícolas, se describen cultivos específicos.

Tabla 5.1-58 Criterios utilizados en la metodología CORINE LAND COVER para identificar la cobertura y uso del suelo

| | |
|---|---|
| 1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS | 3. BOSQUES Y ÁREAS SEMI-NATURALES |
| 1.1 Zonas urbanizadas | 3.1 Bosques |
| 1.1.1 Tejido urbano continuo | 3.1.1 Bosque denso |
| 1.1.2 Tejido urbano discontinuo | 3.1.1.1.1 Bosque denso alto de tierra firme |
| 1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación | 3.1.1.1.2 Bosque denso alto inundable |
| 1.2.1 Zonas industriales o comerciales | 3.1.1.2.1 Bosque denso bajo de tierra firme |
| 1.2.2 Red vial, ferroviarias y terrenos asociados | 3.1.1.2.2 Bosque denso bajo inundable |
| 1.2.3 Zonas portuarias | 3.1.2 Bosque abierto |
| 1.2.4 Aeropuertos | 3.1.2.1.1 Bosque abierto alto de tierra firme |
| 1.2.5 Obras hidráulicas | 3.1.2.1.2 Bosque abierto alto inundable |
| 1.3 Zonas de extracción minera y escombreras | 3.1.2.2.1 Bosque abierto bajo de tierra firme |
| 1.3.1 Zonas de extracción minera | 3.1.2.2.2 Bosque abierto bajo inundable |
| 1.3.2 Zonas de disposición de residuos | 3.1.3 Bosque fragmentado |
| 1.4 Zonas artificializadas, no agrícolas | 3.1.4 Bosque de galería y ripario |
| 1.4.1 Zonas verdes urbanas | 3.1.5 Plantación forestal |
| 1.4.2 Instalaciones recreativas | 3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva |
| 2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS | 3.2.1.1 Herbazal denso |
| 2.1 Cultivos transitorios | 3.2.1.1.1.1 Herbazal denso de tierra firme no arbolado |
| 2.1.1 Otros cultivos transitorios | 3.2.1.1.1.2 Herbazal denso de tierra firme arbolado |
| 2.1.2 Cereales | 3.2.1.1.1.3 Herbazal denso de tierra firme con arbustos |
| 2.1.3 Oleaginosas y leguminosas | 3.2.1.1.2.1 Herbazal denso inundable no arbolado |
| 2.1.4 Hortalizas | 3.2.1.1.2.2 Herbazal denso inundable arbolado |
| 2.1.5 Tubérculos | 3.2.1.1.2.3 Arracachal |
| 2.2 Cultivos permanentes | 3.2.1.1.2.4 Helechal |
| 2.2.1 Cultivos permanentes herbáceos | 3.2.1.2 Herbazal abierto |
| 2.2.1.1 Otros cultivos permanentes herbáceos | 3.2.1.2.1 Herbazal abierto arenoso |
| 2.2.1.2 Caña | 3.2.1.2.2 Herbazal abierto rocoso |
| 2.2.1.3 Plátano y banano | 3.2.2.1 Arbustal denso |
| 2.2.1.4 Tabaco | 3.2.2.2 Arbustal abierto |
| 2.2.1.5 Papaya | 3.2.3 Vegetación secundaria o en transición |
| 2.2.1.6 Amapola | 3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación |
| 2.2.2 Cultivos permanentes arbustivos | 3.3.1 Zonas arenosas naturales |
| 2.2.2.1 Otros cultivos permanentes arbustivos | 3.3.2 Afloramientos rocosos |
| 2.2.2.2 Café | 3.3.3 Tierras desnudas y degradadas |
| 2.2.2.3 Cacao | 3.3.4 Zonas quemadas |
| 2.2.2.4 Viñedos | 3.3.5 Zonas glaciares y nivales |
| 2.2.2.5 Coca | 4. ÁREAS HÚMEDAS |
| 2.2.3 Cultivos permanentes arbóreos | 4.1 Áreas húmedas continentales |
| 2.2.3.1 Otros cultivos permanentes arbóreos | 4.1.1 Zonas pantanosas |
| 2.2.3.2 Palma de aceite | 4.1.2 Turberas |
| 2.2.3.3 Cítricos | 4.1.3 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua |
| 2.2.3.4 Mango | 4.2 Áreas húmedas costeras |
| 2.2.4 Cultivos agroforestales | 4.2.1 Pantanos costeros |
| 2.2.5 Cultivos confinados | 4.2.2 Salitral |
| 2.3 Pastos | 4.2.3 Sedimentos expuestos en bajamar |
| 2.3.1 Pastos limpios | 5. SUPERFICIES DE AGUA |
| 2.3.2 Pastos arbolados | 5.1 Aguas continentales |
| 2.3.3 Pastos enmalezados | 5.1.1 Ríos (50m) |
| 2.4 Áreas agrícolas heterogéneas | 5.1.2 Lagunas, lagos, ciénagas naturales |
| 2.4.1 Mosaico de cultivos | 5.1.3 Canales |
| 2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos | 5.1.4 Cuerpos de agua artificiales |
| 2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 5.2 Aguas marítimas |
| 2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales | 5.2.1 Lagunas costeras |
| 2.4.5 Mosaico de cultivos y espacios naturales | 5.2.2 Mares y océanos |
| | 5.2.3 Estanques para acuicultura marítima |

Fuente: IDEAM, 2010

En los sitios seleccionados para la corroboración del contenido pedológico, se identificó el uso dado a las diferentes unidades cartográficas: La clasificación se realizó siguiendo

las categorías de la Geodatabase (GDB) para el uso actual de los suelos (Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y complementadas con la Guía Metodológica para la presentación de Estudios Ambientales (2010), publicada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial en 2010, ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS.

A partir de la aplicación de la Metodología Corine Land Cover, se identificaron diversos tipos de coberturas del suelo, que fueron asociadas a un uso específico; el cual fue corroborado en la fase de trabajo de campo, a través de los diferentes recorridos realizados por la zona de estudio, en los que se podía observar y comprobar el uso que se le estaba dando de acuerdo con la cobertura.

En la Tabla 5.1-59 y Figura 5.1-142 , se relacionan las coberturas identificadas, asociadas a sus respectivos usos y las áreas, con sus porcentajes correspondientes.

Tabla 5.1-59 Uso actual del suelo

| Grupo | Tipo de Uso | Símbolo | Área de influencia Físico-Biótica (Ha) | Área de influencia Físico-Biótica (%) | Observaciones |
|-----------------|----------------------------------|---------|--|---------------------------------------|---|
| Agricultura | Cultivos transitorios intensivos | CTI | 2654,15 | 53,52 | Asociado con los cultivos de arroz, caña y maíz. |
| Asentamiento | Residencial | RES | 71,89 | 1,45 | Asentamientos Humanos. |
| Infraestructura | Servicios | SER | 95,08 | 1,92 | Asociado con los cuerpos de agua artificiales y el aeropuerto sin infraestructura |
| Conservación | Protección | PRO | 1026,01 | 20,69 | |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Grupo | Tipo de Uso | Símbolo | Área de influencia Físico-Biótica (Ha) | Área de influencia Físico-Biótica (%) | Observaciones |
|-----------------|----------------------------|---------|--|---------------------------------------|---------------|
| Asentamiento | Recreacional | RES | 3,69 | 0,07 | |
| Infraestructura | Piscicultura | PISC | 16,50 | 0,33 | |
| Forestal | Producción-protección | FPP | 3,07 | 0,06 | |
| Ganadería | Pastoreo extensivo | PEX | 984,24 | 19,85 | |
| Infraestructura | Transporte | TRANS | 65,59 | 1,32 | |
| Minería | Materiales de construcción | MIN | 12,13 | 0,24 | |
| Infraestructura | Industrial | IND | 24,04 | 0,48 | |
| TOTAL | | | 4.956,39 | 100 | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

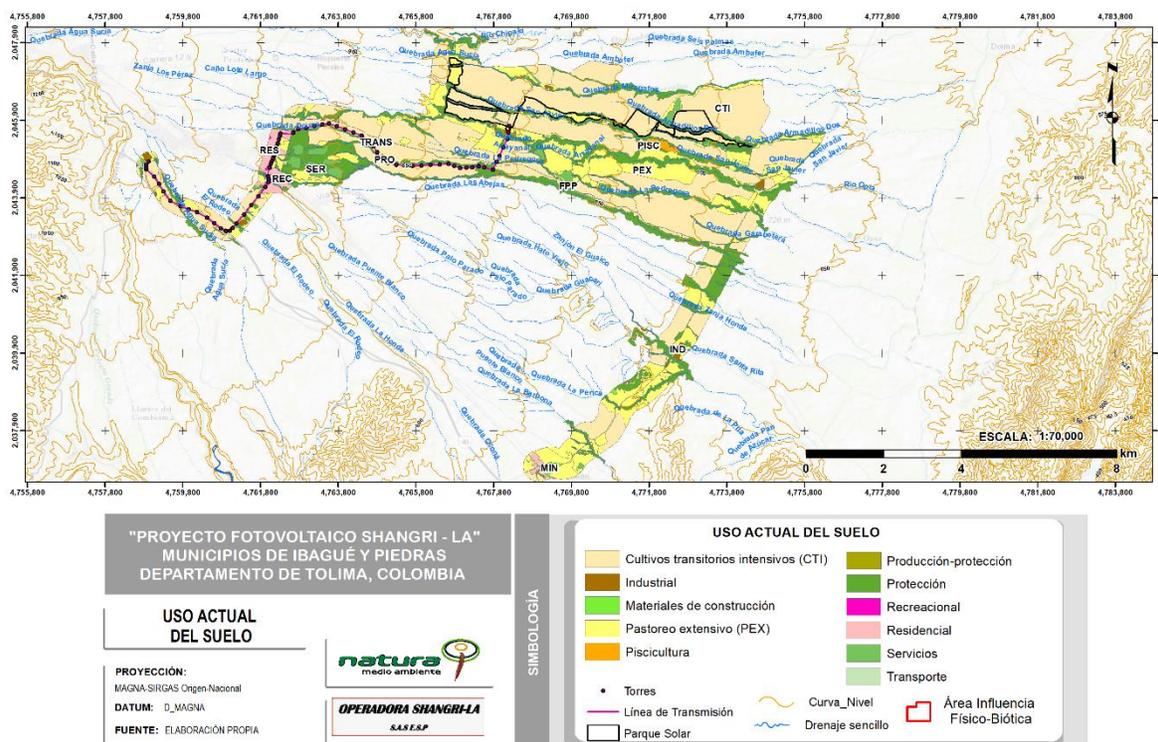


Figura 5.1-142 Uso actual del suelo dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ **Uso actual cultivos transitorios intensivos (Grupo Uso Agricultura)**

Este uso del suelo está asociado a la producción agrícola que se realiza de manera intensiva, con cultivos que tiene ciclos cortos de producción; dentro del área de estudio este uso corresponde a la cobertura de cultivos de arroz, maíz y caña. Este uso es que el que tiene mayor ocupación dentro del área del proyecto y corresponde a 2654,15 Ha, equivalente al 53,52% (Figura 5.1-143).



Figura 5.1-143 Uso actual cultivos transitorios intensivos

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ **Residencial (Asentamiento)**

Este uso del suelo hace referencia a los asentamientos de viviendas; este uso se asocia con la cobertura tejido urbano continuo y discontinuo. Dentro de área de estudio este uso tiene una ocupación del 1,45% es decir 71,89 Ha (Figura 5.1-144).



Figura 5.1-144 Uso actual residencial

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ **Protección (conservación)**

El uso actual de protección corresponde a las zonas de vegetación nativa que se asocia principalmente a bosques; la cobertura coligada a este uso bosque de galería y

vegetación secundaria alta. Este uso ocupa 1026,01 Ha, equivalente al 20,69% (Figura 5.1-145).



Figura 5.1-145 Uso actual protección

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ **Servicios (Infraestructura)**

El uso del suelo ocupado por cuerpos de agua artificiales, principalmente Jagüeyes. Se asocia además con el aeropuerto sin infraestructura. Este uso tiene una ocupación de 95,08 hectáreas, que equivale al 1,92% (Figura 5.1-146).



Figura 5.1-146 Uso actual Servicios

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

➤ Pastoreo extensivo

Este uso corresponde a coberturas de pastos limpios, pastos enmalezados y arbolados, en la que se tiene pastoreo de ganado bovino. De acuerdo con las coberturas de tierras identificadas dentro del área de estudio y con el respectivo control de campo, fue posible establecer que el 19,85% del área de influencia, lo que equivale a 984,24 hectáreas; presenta un uso actual de pastoreo extensivo, asociado con la actividad ganadera (Figura 5.1-147).



Figura 5.1-147 Uso actual ganadería

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Industrial (Industrial)

Este uso del suelo hace referencia a las zonas industriales, dentro del área este uso tiene una ocupación de 24,02 hectáreas lo que equivale a 0,48% (Figura 5.1-148).

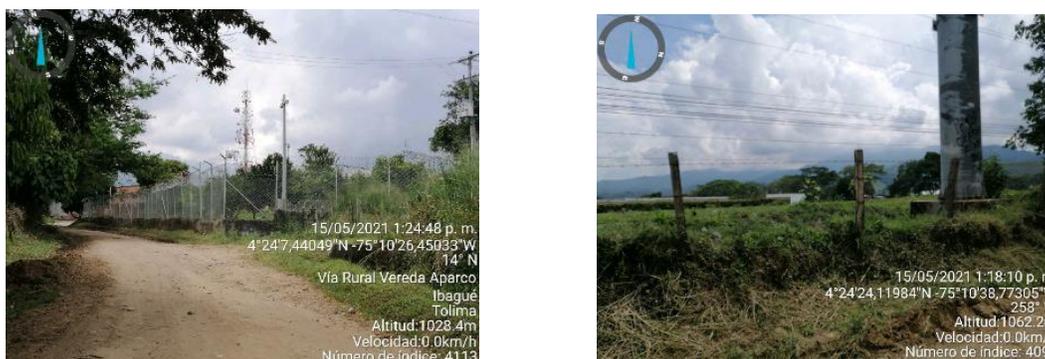


Figura 5.1-148 Uso actual industrial

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Transporte (Infraestructura)

El uso actual transporte hace referencia a grupo de uso infraestructura, y son las vías primarias, secundaria y terciarias presentes en la zona. Este uso ocupa 65,59 hectáreas lo que equivale al 1,32% (Figura 5.1-149).

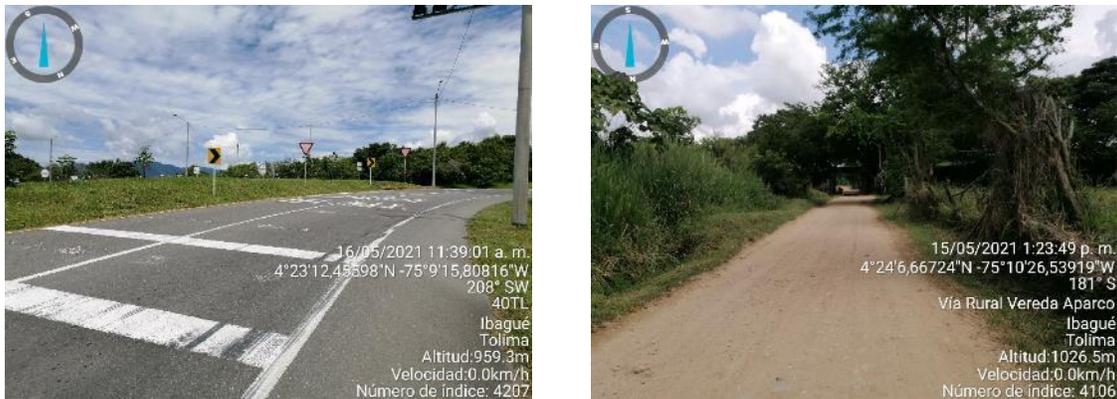


Figura 5.1-149 Uso actual transporte

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

➤ Piscicultura (Infraestructura)

El uso del suelo ocupado por cuerpos de agua artificiales utilizados para la actividad de piscicultura, es decir para la cría de diferentes especies de alevinos. Este uso tiene una ocupación de 16,5 hectáreas, que equivale al 0,33% (Figura 5.1-150).



Figura 5.1-150 Uso actual piscicultura

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.6 Clasificación agrológica

La clasificación agrológica está integrada por (8) ocho clases, en las cuales en la medida que aumentan las limitaciones, aumenta su valor numérico. En términos generales las cuatro primeras clases tienen aptitud agropecuaria y la V está limitada por la pedregosidad, rocosidad, drenaje, inundaciones o fuerte salinidad. Las clases VI y VII, debido a limitaciones severas, no son aptas para la mayoría de cultivos y se aconseja para su uso pastos, plantaciones forestales y bosques.

La clase agrológica VIII, tiene limitaciones tan severas que la hacen recomendable para uso turístico, recreativo, u otros campos diferentes a los Silvoagrícola y pastoril. En la Tabla 5.1-60 , se presenta la clasificación agrológica del suelo de acuerdo con su capacidad de uso.

Tabla 5.1-60 Diagrama de clasificación agrológica y uso potencial del suelo

| AUMENTAN LA INTENSIDAD DE USO | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|---------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|------------------|
| CLASES CAPACIDAD DE USO | VIDA SILVESTRE | PASTOREO O FORESTAL | | | CULTIVO | | | |
| | | LIMITADO | MODERADO | INTENSIVO | LIMITADO | MODERADO | INTENSIVO | MUY INTENSIVO |
| I | | | | | | | | |
| II | | | | | | | | |
| III | | | | | | | | |
| IV | | | | | | → | | |
| V | | | | | | | | |
| VI | | | | | | | | |
| VII | | | | | | | | |
| VIII | | | | | | | | |

Aumentan las limitaciones y riegos en sentido vertical y disminuye la adaptabilidad y la libertad para la elección para el uso en el mismo sentido.

Fuente: IGAC 2008, Modificado OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La clasificación agrológica para el área de estudio fue realizada de acuerdo con la metodología del IGAC (2014), denominada "Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso".

Clase 1: Las tierras de la clase 1 no presentan o tienen muy pocas limitaciones para el uso agropecuario, siendo éstas de grado ligero, fácilmente corregibles. Son aptas para una amplia diversidad de cultivos adaptados a las condiciones ecológicas, así como para ganadería intensiva con pastos de corte. El relieve es plano a ligeramente plano con pendientes inferiores al 3%; los suelos son profundos, bien drenados, permeables, con buena capacidad de retención de humedad, bien provistos de nutrientes y no afectados por inundaciones. El clima ambiental debe ser favorable para el crecimiento de los cultivos agronómicos, con precipitación pluvial bien distribuida durante el año, temperatura promedio superior a 12 grados centígrados y no ocurren heladas. Los suelos pueden necesitar prácticas de manejo ordinarias o de rutina para mantener su productividad, como el uso de fertilizantes, el encalado, la incorporación de abonos

verdes y residuos de cosechas anteriores, la aplicación de estiércol, la rotación de cultivos y la construcción de drenajes superficiales para evitar los encharcamientos (IGAC, 2014).

Clase 2: Las tierras de la Clase 2 presentan limitaciones ligeras que pueden reducir la posibilidad de elección de plantas para cultivo y requieren prácticas de manejo fáciles de aplicar, incluyendo las de conservación, para prevenir su degradación o para mejorar la relación agua-aire. Las tierras de esta Clase son apropiadas para uso agrícola con cultivos transitorios, semiperennes, perennes y ganadería intensiva con pastos de alto rendimiento. Pueden requerir riego suplementario, algunas prácticas de conservación, obras de ingeniería para el manejo de las aguas de escorrentía o métodos especiales de laboreo. Las prácticas de manejo y conservación varían de un lugar a otro y dependen de las características del suelo, del clima local y del sistema de cultivo (IGAC, 2014).

Clase 3: La clase 3 agrupa tierras con moderadas limitaciones y restricciones para el uso por erosión, pendiente, suelo, humedad o daño, solos o combinados. Estas disminuyen las posibilidades de selección de cultivos y las épocas de siembra e implican prácticas adecuadas de labranza y cosecha. Estas tierras se pueden utilizar en agricultura con prácticas moderadas a intensivas de conservación y ganadería intensiva con pastos de alto rendimiento (IGAC, 2014).

Clase 4: Las tierras de la clase 4 tienen limitaciones severas que restringen a cultivos específicos y exigen prácticas cuidadosas de manejo y conservación difíciles de aplicar y mantener. Se pueden utilizar en ganadería con pastos de buenos rendimientos y con un manejo técnico de los potreros. La agroforestería es una buena opción en los sectores de pendientes más pronunciadas, áreas erodadas y susceptibles al deterioro (IGAC, 2014).

Clase 5: La clase 5 es una clase potencial que tiene limitaciones severas para el uso que son factibles de modificar, disminuir o eliminar, con cierto grado de dificultad y con altos costos económicos. El uso de las tierras en estado natural se limita a agricultura y ganadería estacional escasamente tecnificada, agroforestería, conservación y preservación de los recursos naturales y ecoturismo. Las tierras de la clase 5, una vez

adecuadas pasan a formar parte de las unidades por capacidad 2 a 4 dependiendo la efectividad de las obras para eliminar eficientemente las limitaciones originales (IGAC, 2014).

Clase 6: Las tierras de la clase 6 presentan limitaciones muy severas que, en términos generales, las hacen aptas únicamente para algunos cultivos semi perennes o perennes, semi densos y densos; también se pueden desarrollar sistemas agroforestales y forestales. La ganadería extensiva es un uso alternativo si se lleva a efecto evitando el sobre pastoreo y con buen manejo de los potreros. La agricultura deberá desarrollarse bajo sistemas de manejo que incluyan prácticas de conservación de suelos tanto culturales como mecánicas, con cultivos adaptados a las condiciones ambientales de la región, con cobertura rastrera y de sombrío, como caña de azúcar, panela, café, cacao, frutales perennes y semi perennes, cítricos, aguacate, mango, granadilla y maracuyá (IGAC, 2014).

Clase 7: Las tierras de clase 7 presentan limitaciones fuertemente severas, que las hacen inadecuadas para cultivos; tienen aptitud forestal; el bosque tiene carácter protector, pero cuando las condiciones del relieve o la topografía y los suelos ofrecen suficiente profundidad efectiva para el anclaje y el desarrollo normal de las raíces de las especies arbóreas se puede hacer un uso sostenible del recurso forestal de tipo productor, excepcionalmente se pueden establecer sistemas agroforestales como el café con sombrío con prácticas de conservación de suelos y manejo de aguas tendientes a prevenir y controlar los procesos de erosión. La cobertura vegetal permanente de múltiples estratos es absolutamente necesaria dada la muy alta susceptibilidad de los suelos al deterioro. La ganadería debe ser excluida totalmente del área ocupada por las tierras de esta unidad de capacidad (IGAC, 2014).

Clase 8: Son tierras que por su vulnerabilidad extrema (áreas muy escarpadas) o por su importancia como ecosistemas estratégicos (páramo) para la regulación del recurso hídrico y por su interés científico, deben destinarse a la conservación de la naturaleza o a su recuperación en el caso de que hayan sido deterioradas. En la clase 8 se incluyen

Ibagué y Piedras (Tolima)

tierras misceláneas tales como: tierras malas (bad lands) o misceláneos erosionados, playas, dunas, glaciares, afloramientos rocosos, cárcavas, fosos de grava y de cantera, vaciaderos, cauces de ríos, tierras de ripio, minas de sal, tierras de escoria, calvas y tierras ubicadas a alturas superiores a los 3.600 m.s.n.m.

La clasificación agrológica de las unidades cartográficas de suelo presentes en la zona de estudio se muestra a continuación en la Tabla 5.1-61 y Figura 5.1-151 .

Tabla 5.1-61 Diagrama de clasificación agrológica y uso potencial del suelo

| Clase | Subclase | Grupo de manejo | Uso Potencial |
|----------|----------|-----------------|--|
| 3 | s | 3s | Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) |
| 6 | s | 6s | Sistema forestal productor (FPD) |
| 8 | | | Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE) |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

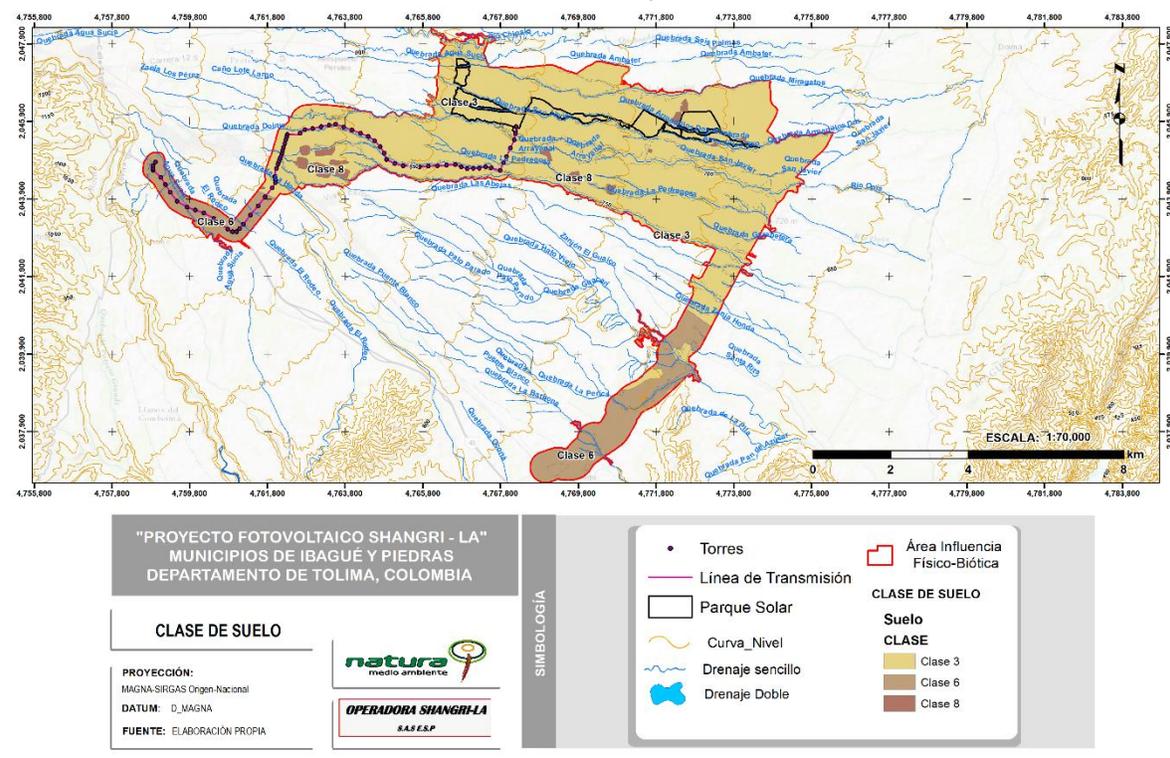


Figura 5.1-151 Clase agrológica dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.7 Uso potencial

El uso potencial del suelo tiene por objeto recomendar aquellas especies vegetales que, cultivadas en determinadas zonas, no deterioran el suelo y alcanzan su mayor productividad, sin llegar a afectar el equilibrio natural de estas zonas. Para evaluar el uso potencial de una zona hay que tener en cuenta aspectos físicos como bióticos que en conjunto finalmente van a determinar este uso. El factor físico más significativo es la pendiente que va a determinar la restricción de algunos cultivos y uso de maquinaria tecnificada en laderas. Los otros factores son precipitación, temperatura, altitud, textura, profundidad del suelo, etc (EOT, 2007).

A su vez, de acuerdo con la "Metodología General para la elaboración y presentación de estudios ambientales", elaborado por El Ministerio de Medio Ambiente (2018), el mapa de suelos permitido de uso de la tierra, para el área de estudio, debe ser establecido de acuerdo con los instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT, POMCA y/o POMIUC). En este sentido para el área de influencia Físico-Biótica del presente proyecto, el mapa de capacidad de uso de la tierra (mapa de usos permitidos), fue consultado el POT del municipio de Ibagué (Tolima) y el EOT del municipio de Piedras (Tolima)

A continuación, en la Tabla 5.1-62 y Figura 5.1-152, se presenta el uso potencial del suelo correspondiente al área de estudio.

Tabla 5.1-62 Uso potencial del suelo dentro del área de influencia Físico-Biótica

| Clase | Subclase | Grupo Manejo | Uso principal | Área (Ha) Físico-Biótica | % Área Físico-Biótica (%) |
|---------|----------|--------------|--|-----------------------------|---------------------------|
| Clase 3 | s | 3s | Cultivos transitorios semi intensivos | 4.144,78 | 83,62 |
| Clase 8 | | | Área para la conservación y/o recuperación de la | 79,79 | 1,61 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Clase | Subclase | Grupo Manejo | Uso principal | Área (Ha) Físico-Biótica | % Área Físico-Biótica (%) |
|--------------|----------|--------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | | | naturaleza, recreación (CRE) | | |
| Clase 6 | s | 6s | Sistema forestal productor | 731,82 | 14,77 |
| TOTAL | | | | 4.956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

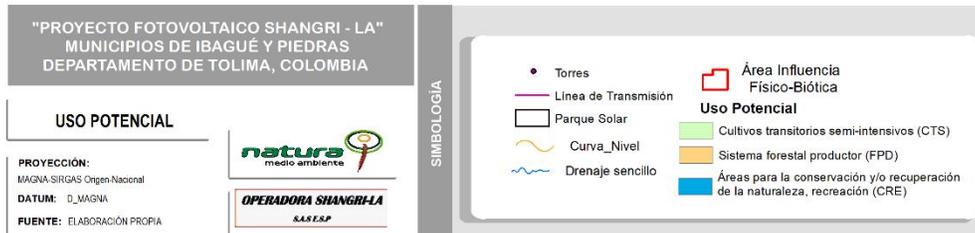
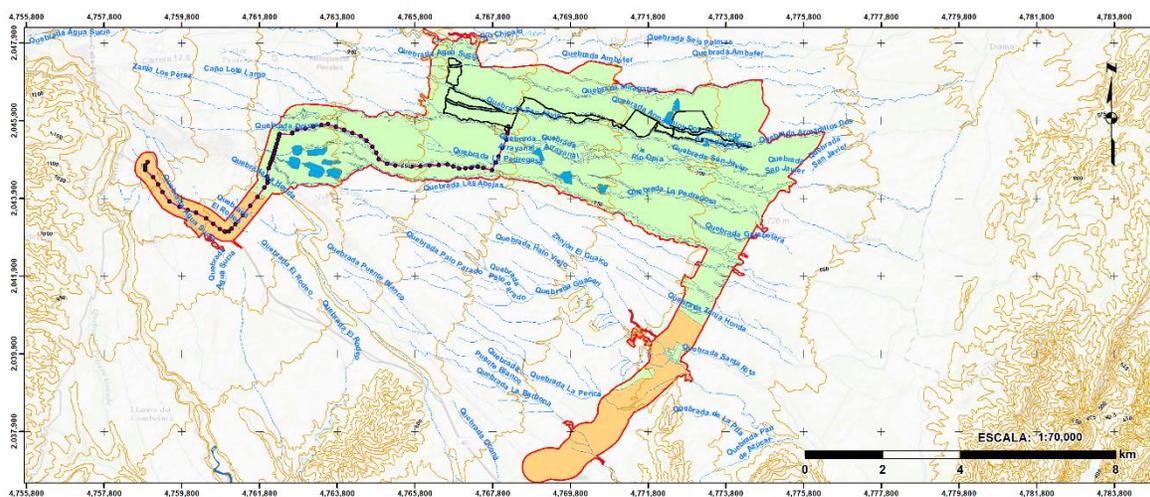


Figura 5.1-152 Uso potencial del suelo dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.8 Conflicto de uso del suelo

El objetivo de la delimitación de las áreas conflictivas, es identificar los suelos con usos inapropiados en algunos sectores, con el fin de alertar sobre los riesgos de degradación

que tienen estas áreas, con el objetivo de informar a los planificadores para que a su vez, tomen decisiones y ejecuten los correctivos necesarios, a través de la formulación de políticas y desarrollo de programas orientados hacia la sostenibilidad en el uso de las tierras, asegurando la perpetuidad de la función social del recurso, es decir, satisfacer las necesidades de alimento de las generaciones actuales y futuras.

La determinación de los usos adecuados y los conflictos de uso de las tierras de la zona de estudio proviene de la confrontación de las unidades de uso potencial de los suelos y la demanda o uso actual, representada por la cobertura y uso de las tierras.

Los conflictos de uso de las tierras, se definen como el resultado de la discrepancia entre el uso que el hombre hace del medio natural y la oferta biofísica, producto principalmente del desconocimiento de las limitaciones y potencialidades de los suelos (IGAC, 2004)

La comparación entre el uso actual y el uso potencial de las tierras permite conocer si hay correspondencia con la vocación natural de las tierras y con ello explicar y/o predecir su deterioro en las zonas con conflictos de uso (IGAC, 2004).

La metodología para establecer los conflictos de uso del suelo se basa en el análisis comparativo del uso actual del suelo y su uso potencial. Los resultados que se desglosan de este análisis se pueden clasificar en diferentes niveles que van desde el uso apropiado, es decir, suelos sin conflicto de uso, hasta el uso en actividades muy distantes de su potencialidad, es decir, suelos en la categoría más crítica de sobreutilización severa.

En la Tabla 5.1-63 se muestra la clasificación de los conflictos de uso. Esta metodología corresponde al sistema utilizado por el IGAC en la publicación "Uso Adecuado y Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia", 2002. Los nombres de los conflictos de suelo se encuentran de acuerdo con el modelo de Geodatabase del ANLA (2016).

Tabla 5.1-63 conflictos de uso del suelo de acuerdo con la metodología del IGAC

| VOCACION | | | USO ACTUAL | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----|------------|-----|-----|-----|--------------|-----------|----------|-----|----------|-----|--------------|
| | | | AGRICOLA | | | | AGROFORESTAL | | GANADERA | | FORESTAL | | CONSERVACION |
| TIPO PRINCIPAL DE USO | | | CTI | CTS | CSI | CSS | SAG | SAP - SPA | PSI | PEX | FPR | FPP | CFP - CRH |
| AGRICOLA | CULTIVOS TRANSITORIOS INTENSIVOS | CTI | A | A | S2 | S2 | S2 | S3 | S1 | S3 | S3 | S3 | S3 |
| | CULTIVOS TRANSITORIOS SEMI-INTENSIVOS | CTS | A | A | S1 | S1 | S2 | S3 | S1 | S3 | S3 | S3 | S3 |
| | CULTIVOS SEM-PERMANENTES Y PERMANENTES INTENSIVOS | CSI | A | A | S1 | S1 | S2 | S3 | S1 | S3 | S3 | S3 | S3 |
| | CULTIVOS SEM-PERMANENTES Y PERMANENTES SEMI-INTENSIVOS | CSS | O1 | O1 | A | A | A | S2 | O1 | S2 | S1 | S3 | S3 |
| AGROFORESTAL | SILVOAGRICOLA | SAG | O3 | O1 | O2 | O1 | A | S2 | O2 | S1 | A | S2 | S3 |
| | AGROSILVOPASTORIL | SAP | O3 | O1 | O2 | O1 | O1 | A | O2 | A | A | S2 | S3 |
| | SILVOPASTORIL | SPA | O3 | O2 | O3 | O2 | O2 | A | O2 | A | A | S2 | S3 |
| PECUARIO | PASTOREO INTENSIVO Y SEMIINTENSIVO | PSI | O1 | O1 | O1 | O1 | O1 | S1 | A | S2 | A | S3 | S3 |
| | PASTOREO EXTENSIVO | PEX | O3 | O3 | O3 | O2 | O2 | S1 | O1 | A | A | S2 | S3 |
| FORESTAL | PRODUCCION | FPR | O3 | O2 | O3 | O3 | S1 | O1 | O3 | S2 | A | S2 | S3 |
| | PROTECCION - PRODUCCION | FPP | O3 | O3 | O3 | O3 | O2 | O2 | O3 | O1 | A | A | A |
| CONSERVACIÓN | PROTECTORA | CFP | O3 | O3 | O3 | O3 | O2 | O3 | O3 | O2 | A | O1 | A |
| | RECURSOS HIDRICOS | CRH | O3 | O3 | O3 | O3 | O3 | O3 | O3 | O3 | A | O3 | A |
| | RECUPERACIÓN | CRE | O3 | O3 | O3 | O3 | O3 | O3 | O3 | O3 | A | O3 | A |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La descripción de los diferentes conflictos se detalla así:

➤ **Uso adecuado**

Tierras en las que el sistema productivo dominante guarda correspondencia o concordancia con el uso potencial establecido. El uso actual aparentemente no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y relacionadas con la capacidad productiva natural de las tierras. Estas áreas se definen como lugares geográficos en los cuales existen condiciones ambientales propicias para el desarrollo de los usos actuales, por lo cual se recomienda evitar que entren en algún tipo de conflicto (símbolo A-SC).

➤ **Uso Inadecuado**

Se genera cuando no hay un balance entre el uso actual del suelo y el uso potencial:

- Subutilizado

Tierras donde el uso dominante corresponde a un nivel inferior de intensidad de utilización, si se compara con la capacidad de uso sugerida o la de uso que guardan un cierto nivel de compatibilidad.

En esta clase se diferenciaron tres (3) grados de intensidad así:

Subutilización ligera, símbolo S1 (SUL): Tierras cuyo uso actual es muy cercano al uso potencial, se ha evaluado como de menor intensidad al recomendado.

Subutilización moderada, símbolo S2 (SUM): Tierras cuyo uso actual está por debajo de la clase de vocación de uso principal recomendado, según la capacidad de producción de la tierra.

Subutilización severa, símbolo S3 (SUS): Tierras cuyo uso actual está muy por debajo de la clase de vocación o uso principal recomendado.

- **Sobre utilizado**

Suelos en los que el uso actual dominante es más intenso, en comparación con la capacidad de uso natural asignado, de acuerdo con sus características agroecológicas. En estas tierras los usos actuales predominantes hacen un aprovechamiento intenso de la base natural de recursos, sobrepasando su capacidad natural productiva, siendo incompatibles con la capacidad de uso recomendada para la zona, con graves riesgos de tipo ecológico y social.

Los conflictos por sobreutilización se dividen en los siguientes grados de intensidad:

Sobreutilización ligera, Símbolo O1 (SOL): Tierras cuyo uso actual está cerca al uso principal, que se evalúa con un nivel de intensidad mayor al recomendado y por ende a los usos compatibles.

Sobreutilización moderada, símbolo O2 (SOM): Tierras en las cuales el uso actual se encuentra por encima en dos niveles de la clase de vocación de uso principal recomendado, según la capacidad de producción de las tierras. Es frecuente encontrar en estos rangos visibles de deterioro de los recursos, en especial la presencia de procesos erosivos activos.

Sobreutilización severa, símbolo O3 (SOS): Tierras de las cuales el uso actual supera en tres o más niveles la clase de vocación de uso principal recomendado, presentándose evidencias de degradación avanzada de los recursos, tales como procesos erosivos severos, disminución marcada de la productividad de la tierra, procesos de salinización, entre otros

Los conflictos de uso presentes en la zona de estudio fueron determinados con la ayuda de herramientas de ARCGIS 10.5. Los resultados se presentan a continuación en la Tabla 5.1-64 y Figura 5.1-153 .

Tabla 5.1-64 Conflicto uso del suelo

| CONFLICTO | NOMEN CLAT | DESCRIPCIÓN | AREA FISICO BIÓTICA_HA | %ÁREA FISICO BIÓTICA |
|---|------------|--|------------------------|----------------------|
| Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado | SC | Tierras sin conflicto de uso, con coberturas en Tejido urbano continuo, tejido urbano discontinuo, cuerpos de agua artificiales, zonas industriales, zonas comerciales, red vial y territorios asociados, y explotación de materiales de construcción, | 2750,63 | 55,50 |
| Conflicto por subutilización moderada | SUM | El uso actual del suelo es de mediana intensidad (moderada) comparado con la capacidad productiva que | 278,03 | 5,61 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CONFLICTO | NOMENCLAT | DESCRIPCIÓN | AREA FISICO BIÓTICA_HA | %ÁREA FISICO BIÓTICA |
|---|-----------|--|------------------------|----------------------|
| | | presentan dichas tierras según su clasificación agrológica. Se presenta en el área con usos actuales en Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE), con capacidad para pastoreo extensivo (PEX). | | |
| Conflicto por subutilización severa | SUS | El uso actual del suelo se encuentra tres categorías por debajo de su uso potencial. | 1623,80 | 32,76 |
| Conflicto por sobreutilización moderada | SOM | Aprovechamiento ligero de la base natural de los recursos, sobrepasando la capacidad natural productiva de las tierras, sin estar en concordancia con su vocación y uso principal recomendado según su clasificación agrológica. Se encuentran usos actuales en Sistema forestal productor (FPD y capacidad de uso en pastoreo extensivo (PEX). | 16,50 | 0,33 |
| Conflicto por Sobreutilización Severa | SOS | Aprovechamiento severo de la base natural de los recursos, sobrepasando tres niveles por encima la capacidad natural productiva de las tierras, sin estar en concordancia con su vocación y uso principal. Se encuentran usos actuales en Pastoreo extensivo (PEX) y Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE). | 287,48 | 5,80 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CONFLICTO | NOMEN CLAT | DESCRIPCIÓN | AREA FISICO BIÓTICA_HA | %ÁREA FISICO BIÓTICA |
|--------------|------------|-------------|------------------------|----------------------|
| TOTAL | | | 4956,39 | 100,00 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

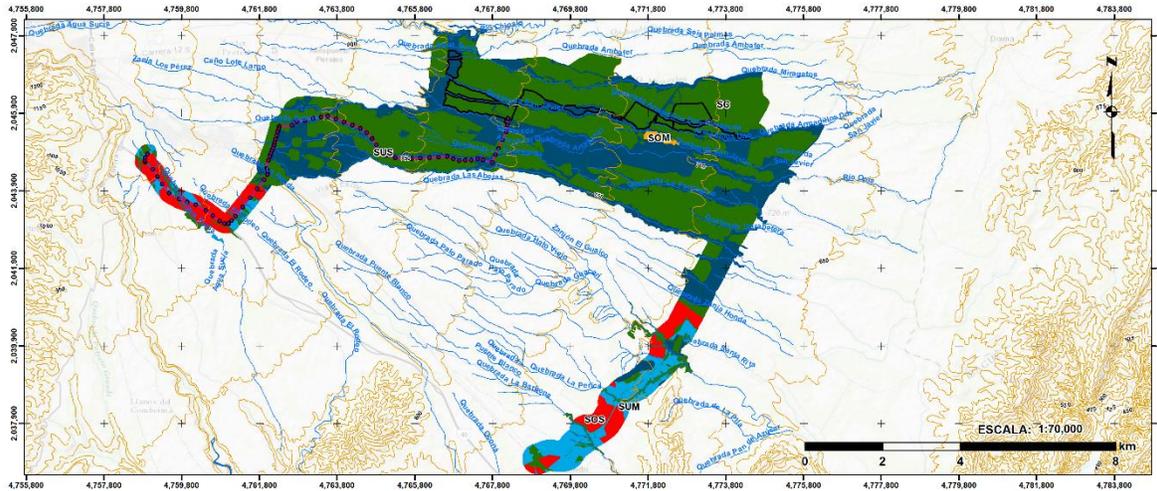


Figura 5.1-153 Conflicto uso del suelo dentro del área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.9 Compatibilidad uso del suelo

Con el fin de conocer la compatibilidad de uso del suelo del área donde se localiza el presente proyecto de acuerdo con lo estipulado por cada ente municipal, fue dirigido un oficio a las alcaldías de Piedras e Ibagué (Tolima), sobre la "*Compatibilidad de usos del suelo para los predios a intervenir en el presente proyecto*". En este sentido la alcaldía de Piedras (Tolima), emite un radicado de respuesta para los predios El Reposo y Gascoña, que señala:

"Con fundamento en lo estipulado en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Piedras-Tolima, respecto a usos prohibidos o condicionados se concluye que no existen restricciones o limitaciones que infieran en el desarrollo del proyecto por parte de la empresa".

Dichos oficios pueden ser consultados en el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Suelo - Certificado Uso_Suelo

5.1.5.10 Análisis de degradación de suelos

5.1.5.10.1 Fertilidad del suelo

La fertilidad natural del suelo se define como la cualidad que tiene el suelo para proporcionar los nutrientes necesarios para el normal desarrollo de las plantas. Esta condición se determina en el laboratorio mediante análisis químicos; sin embargo, esta información debe ser complementada en el campo con observaciones sobre el desarrollo de los cultivos y la naturaleza del material parental, ya que los análisis indican solamente los elementos disponibles en el momento actual y no la capacidad de los materiales del suelo para liberar en forma constante estos elementos.

La evaluación de la fertilidad se hizo a partir de los datos obtenidos en la caracterización físicoquímica de los suelos caracterizados y en revisión bibliográfica para las unidades faltantes (Ver Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Suelos - Resultados laboratorio).

En la Figura 5.1-154 , se presentan los resultados dentro del área de estudio, mostrando una fertilidad media a baja para las unidades de suelo definidas.

Figura 5.1-154 Análisis de la fertilidad dentro del área de estudio

| SUELO | CALIFICACIÓN |
|------------------------------|--------------|
| PWD _b | Media |
| PWF _a | Media |
| No Suelo | Baja |
| Cuerpos de agua artificiales | Baja |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.10.2 Compactación del suelo

La compactación del suelo se define como la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de uso agrícola intensivo que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas.

Los principales factores en la actividad agrícola que tienen incidencia en la compactación son:

- Implementos de labranza del suelo.

- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- Pisoteo de animales.

Para el caso del área de estudio la compactación será determinada por medio de la densidad aparente, dado que la compactación del suelo está asociada con la presencia de capas de muy baja aireación y alta densidad aparente, puede ser ocasionada por fenómenos de endurecimiento y acumulación arcillosa; estos fenómenos responden quizás a procesos genéticos evolutivos o son simplemente una resultante del manejo de los suelos. Estas circunstancias repercuten en las propiedades físicas y determinan la profundidad efectiva radical.

Seguidamente, en la Tabla 5.1-65 se presenta la densidad aparente encontrada en los puntos caracterizados.

Tabla 5.1-65 Valores de densidad aparente de los suelos analizados

| ID | DENSIDAD APARENTE | COMPACTACIÓN DEL SUELO |
|------------|-------------------|------------------------|
| Calicata 1 | 1,65 | No presenta |
| Calicata 2 | 1,70 | No presenta |
| Calicata 3 | 1,58 | No presenta |
| Calicata 4 | 1,86 | No presenta |
| Calicata 5 | 1,84 | No presenta |
| Calicata 6 | 1,82 | No presenta |
| Calicata 7 | 1,70 | No presenta |
| Calicata 8 | 1,58 | No presenta |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Según lo anterior, los suelos encontrados en el área del EIA no presentan evidencia de degradación por compactación.

5.1.5.10.3 Degradación del suelo por erosión

La amenaza por erosión en el área de influencia fue determinada de acuerdo con el "Estudio Nacional de Degradación de Suelos por Erosión en Colombia", elaborado por el IDEAM en el año 2015, con su respectivo control de campo.

De acuerdo con dicho estudio, la degradación de los suelos y tierras se refiere a la disminución o alteración negativa de una o varias de las ofertas de bienes, servicios y/o funciones ecosistémicos y ambientales, ocasionadas por procesos naturales o antrópicos que, en caso críticos, pueden originar la pérdida o la destrucción total del componente ambiental (IDEAM, 2004 en IDEAM, 2015). En este sentido, la degradación de los suelos puede ser física, química y biológica. En la degradación física se destaca la erosión y la compactación. En la degradación química se resalta la salinización de los suelos, la acidificación y la contaminación, debida al uso excesivo de riego y fertilizantes y otras actividades. En la degradación biológica, el proceso de degradación más importante es la pérdida de materia orgánica, que influye en la disminución de la actividad biológica.

La erosión de los suelos se define como la pérdida físico-mecánica del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la reducción de la capacidad productiva de los mismos (Lar, 2001). La erosión es un proceso natural; sin embargo, esta se califica como degradación cuando se presentan actividades antrópicas indebidas que lo aceleran, intensifican y magnifican. Por tanto, la definición de degradación de suelo por erosión, según el protocolo, corresponde a "la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el hombre, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales" (IDEAM-UDCA, 2015).

En general, existen dos tipos de erosión: la hídrica y la eólica. La erosión hídrica es causada por la acción del agua (lluvia, ríos y mares), en las zonas de ladera, cuando el suelo está desnudo (sin cobertura vegetal). En estos casos las gotas de lluvia o el riego, ayudadas por la fuerza gravitacional, arrastran las partículas formando zanjas o cárcavas,

e incluso causando movimientos en masa en los cuales se desplaza un gran volumen de suelo. Por otra parte, la erosión eólica es causada por el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo (IDEAM-UDCA, 2015).

En el "Estudio Nacional de Degradación de Suelos por Erosión en Colombia", elaborado por el IDEAM en el año 2015, se presenta una metodología detallada de las diferentes fases, etapas y actividades desarrolladas para la obtención del mapa de erosión para Colombia. En este documento se presenta una clasificación de acuerdo con el tipo de erosión, el grado y la clase (Figura 5.1-155).

| TIPO | GRADO | | CLASE |
|-----------------|-------------|----|--------------------------|
| Erosión hídrica | Sin erosión | se | Cárcavas |
| | Ligera | l | Surcos |
| | Moderada | m | Surquillos |
| | Severa | s | Laminar |
| | Muy severa | ms | Terraceo (pata de vaca) |
| Erosión eólica | Sin erosión | se | Laminar |
| | Ligera | l | Ripples |
| | Moderada | m | Dunas |
| | Severa | s | Pavimento desértico |
| | Muy severa | ms | Depresiones de deflación |

Figura 5.1-155 Clasificación de la erosión, según tipo, grado y clase

Fuente: UDCA; et al; 2015

Para el análisis de la zonificación se consideraron los indicadores de magnitud y severidad de la erosión. Se entiende por "magnitud de la erosión" el porcentaje de área de la unidad de análisis afectada por algún grado (ligero, moderado, severo y muy severo) y por "severidad" de la erosión, el porcentaje de área de la unidad de análisis afectada por grados severos. La relación entre el grado de erosión y su importancia se presenta en la Tabla 5.1-66.

Tabla 5.1-66 Relación entre grado de la erosión y su importancia

| Grado de Erosión | Definición | Símbolo |
|------------------|--|--|
| Muy severa | Se evidencia pérdida total de los horizontes superficiales y pérdida parcial de los horizontes subsuperficiales. Se presenta cubrimiento continuo de una red de surcos y cárcavas muy profundas. Las funciones y los servicios originados por los suelos como fertilidad, la regulación y almacenamiento de agua, la biodiversidad, entre otros, están completamente destruidos y la vegetación es muy rala o nula. Su restauración es muy difícil, muy costosa y requiere mucho tiempo. |  Muy severa |
| Severa | Los horizontes superficiales del suelo están completamente removidos y los horizontes subsuperficiales expuestos; el color del suelo es más claro debido a la pérdida del horizonte A y queda expuesto el horizonte B. Se observan con frecuencia surcos, calvas o terraceo y cárcavas con moderada frecuencia. La pérdida del suelo se estima en más del 75% de su espesor. Las funciones y los servicios ecosistémicos originales del suelo se encuentran ampliamente destruidos. |  Severa |
| Moderada | Se evidencia remoción de los horizontes superficiales del suelo y la capa superficial del suelo ha perdido espesor. Aparecen en la superficie distintos colores de suelo como producto de la pérdida del horizonte superficial y la exposición de horizontes subsuperficiales. Se aprecian manifestaciones de escurrimiento superficial, surcos, terraceo y pequeñas cárcavas. Se presenta pérdida considerable del horizonte A e incluso en sectores aparece el horizonte B o C. Las funciones y los servicios originales de los suelos se encuentran parcialmente destruidos y se requieren prácticas de conservación y restauración inmediatas. |  Moderada |
| Ligera | Se presenta alguna evidencia de pérdida de suelo en los horizontes superficiales del suelo, por escurrimiento superficial. En varias ocasiones la capa de suelo se adelgaza uniformemente y la pérdida del suelo puede llegar hasta un 25 o 50% del horizonte A, según su espesor. Las funciones y los servicios originales de los suelos comienzan a disminuir y se encuentran poco alterados. Se requiere iniciar o mantener las prácticas de conservación, restauración y manejo de suelos. |  Ligera |

| Grado de Erosión | Definición | Símbolo |
|------------------|--|--|
| Sin erosión | Sin procesos de degradación del suelo por erosión; también se expresa como "Sin evidencia". |  Sin erosión |
| No suelo | Otras coberturas terrestres distintas al suelo, tales como zonas urbanas, cuerpos de agua y afloramientos rocosos. |  No suelo |

Fuente: IDEAM, 2015

Con el objetivo de definir el grado de erosión y por ende la amenaza por erosión para el área de estudio, a una escala de detalla 1:10.000, se realizó con ayuda del programa ArcGIS 10.5 y un control de campo, la delimitación de los grados de erosión presentes en el área de estudio. Para esta actividad, se tomó además el mapa de coberturas de tierras definido para el presente proyecto, así como el mapa de unidades cartográficas de suelo y el mapa de pendientes.

De acuerdo con este análisis se determinaron dos grados de erosión: moderada y sin erosión (Tabla 5.1-67).

Tabla 5.1-67 Representatividad del Grado de erosión en el área de estudio

| Grado de erosión | Área de influencia Físico-Biótica (Ha) | % Área de influencia Físico-Biótica |
|------------------|--|-------------------------------------|
| Erosión Moderada | 4848,51 | 97,82 |
| Sin Erosión | 107,88 | 2,18 |
| TOTAL | 4956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Una vez determinado el grado de erosión del suelo en el área de estudio, se realizó la clasificación de acuerdo con la amenaza por erosión. La erosión moderada se asocia con amenaza media y las zonas sin erosión se relacionan con amenaza baja (Tabla 5.1-68 y Figura 5.1-156).

Tabla 5.1-68 Clasificación de amenaza por grado de erosión en el área de influencia

| Grado de erosión | Amenaza por erosión | Área de influencia Físico-Biótica (Ha) | % Área de influencia Físico-Biótica |
|------------------|---------------------|--|-------------------------------------|
| Erosión Moderada | Amenaza Media | 4848,51 | 97,82 |
| Sin Erosión | Amenaza Baja | 107,88 | 2,18 |
| TOTAL | | 4956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

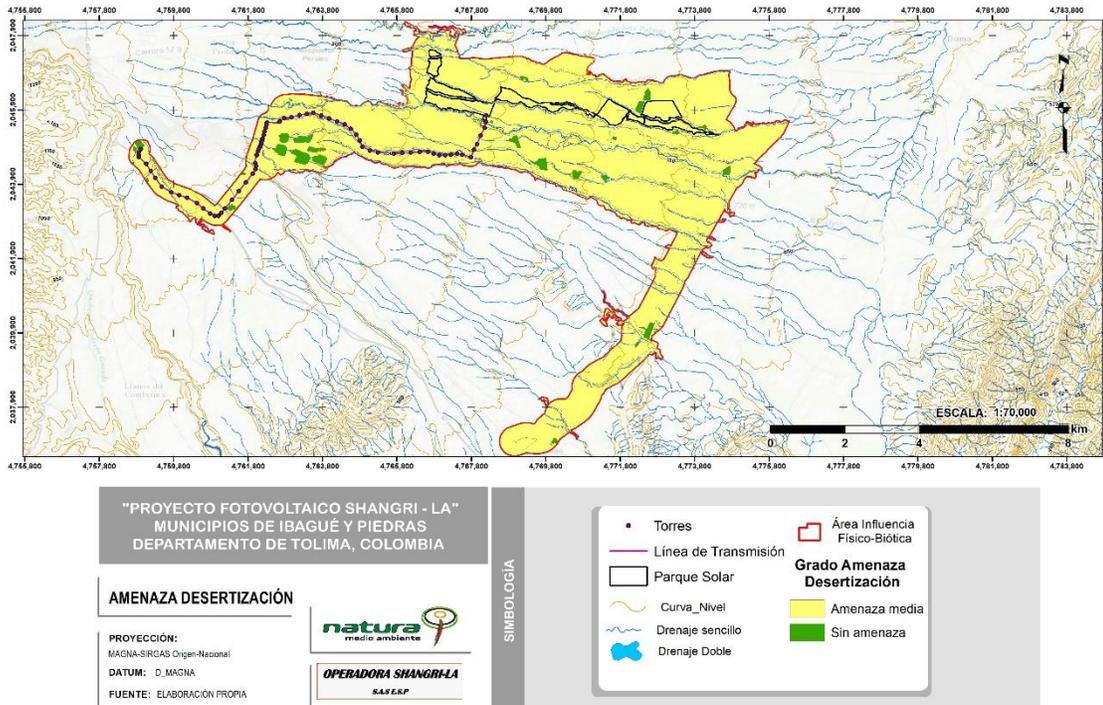


Figura 5.1-156 Amenaza por erosión (Desertización) para el área de influencia Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.5.10.4 Análisis por degradación por salinización del suelo

El análisis de la degradación por salinización se realiza de acuerdo con la metodología propuesta por el IDEAM, CAR y UDCA, 2017.

Las sales pueden formarse naturalmente por procesos químicos de intemperismo de minerales o llegar a los suelos desde las capas subterráneas. Este proceso natural ha ocurrido siempre y la velocidad y magnitud varían de acuerdo con factores locales de formación (relieve, material parental o geológico, clima, vegetación y tiempo). Así, aunque existan suelos con mayores niveles de sales por condición y evolución natural, estos estarán incluso en equilibrio con su vegetación y funciones ecológicas.

Ahora bien, cuando el proceso pasa de ser natural a antrópico (mediante la incorporación de sistemas de riego, mecanización agrícola, fertilización excesiva y falta de drenajes adecuados), sucede en formas mucho más aceleradas y es más agresivo y nocivo. En términos sencillos, las sales afectan la vegetación natural o introducida, en la medida en que compiten con ella por el agua, o restringen la capacidad de esta para tomarla. Técnicamente, lo que ocurre es que se altera la presión osmótica de las plantas, por lo que, al presentarse altas concentraciones de sal en el suelo, mayores a la de las plantas, el agua por presión osmótica se mueve de la planta al suelo, lo que causa deshidratación y marchitamiento. De este modo se reduce la productividad primaria de los suelos y, con esto, las condiciones de vida de otros sistemas que dependen de ellos. Además, otros cambios que ocurren en el suelo, como el incremento en el pH, repercuten en la deficiencia de algunos elementos esenciales para la vegetación, lo mismo que la pérdida total de la estructura, que afecta totalmente a las poblaciones de macro y microorganismos que habitan allí. La salinización se ha asociado a zonas secas y a procesos de desertificación. Principalmente, se produce en las regiones áridas y semiáridas, donde la lluvia es demasiado baja para mantener la percolación del agua a través del suelo y donde se practica el riego sin un sistema de drenaje natural o artificial. Los tipos de salinización, hace referencia a la condición por la cual se presenta la acumulación de sales, esto es, su origen. En este caso, se distingue un origen natural, otro antrópico y uno mixto. A continuación, se muestran los rangos de calificación de la salinidad y los datos obtenidos de los análisis de laboratorio de los suelos muestreados en el área de influencia (Tabla 5.1-69).

Tabla 5.1-69 Calificación de la salinidad

| VARIABLES | RANGOS PARA CALIFICACIÓN | CALIFICACIÓN |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| PSI, RAS, CE, SO4 | RAS >13 o PSI ≥15 | Muy severo |
| | CE ≥16 ds/m | |
| | CE ≥4 ds/m y pH <4 y (SO4) ≥0,05% | |
| CE, PSMg, CaCO3eq y CaSO4*2H2O | CE ≥8 ds/m <16 ds/m | Severo |
| | PSMg ≥40 | |
| | (CaCO3eq) ≥ 10% | |
| | (CaSO4*2H2O) ≥ 15% | |
| CE, PSMg, CaCO3eq y CaSO4*2H2O | CE ≥4 ds/m <8 ds/m | Moderado |
| | PSMg ≥40 | |
| | (CaCO3eq) ≥ 10% | |
| | (CaSO4*2H2O) ≥ 15% | |
| CE | CE ≥2 ds/m < 4 ds/m | Ligero |
| CE | CE <2 ds/m | Muy ligero |

Fuente: Protocolo Salinización CAR-IDEAM-UDCA.

Teniendo en cuenta lo anterior y de acuerdo con los resultados obtenidos mediante el análisis de laboratorio; es posible establecer que el área de estudio no presenta amenaza de degradación por salinización, encontrándose en grado muy ligero según los datos de relación de adsorción de sodio y porcentaje de sodio intercambiable encontrados en los suelos caracterizados.

5.1.5.10.5 Análisis de tendencia de la degradación por desertificación

A continuación, se realiza el análisis de tendencia de la degradación por desertificación dentro del área de estudio, la cual se basa en la metodología propuesta por el IGAC-IDEAM-MAVDT en el protocolo de degradación de suelos y tierras por desertificación.

La desertificación es la última etapa del proceso de degradación de la tierra debido a su mal manejo. La degradación se inicia con la reducción de la productividad y termina con la pérdida total del suelo; cuando esto sucede, la desertificación es prácticamente irreversible. El 78,9% de las zonas secas presentan algún nivel de desertificación derivado

principalmente de procesos de erosión y salinización. Aproximadamente el 48% del total de la superficie del país presenta algún grado de erosión. El 24% son zonas secas y el 21% presenta procesos de desertificación.

En la siguiente tabla (Tabla 5.1-70), se presenta la tendencia a la degradación por desertificación en el área de estudio, la cual se basa en el Mapa Tendencia a la Desertificación, año 2008 y la información recolectada en campo.

Tabla 5.1-70 Tendencia de la degradación por desertificación en el área de influencia según mapa de tendencia a la desertificación 2008

| Clasificación | Descripción | Área (ha) | % de participación |
|---|-------------------------------------|-----------|--------------------|
| Sin indicios de tendencia a desertificación | Sin degradación por desertificación | 4.956,39 | 100 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Teniendo en cuenta lo anterior, y el mapa de tendencia a la desertificación del año 2008, es posible de establecer que los suelos caracterizados no presentan tendencia a la degradación por desertificación. Estando acorde con los parámetros analizados de erosión y salinización.

5.1.5.10.6 Análisis de contaminación de los suelos

Para en análisis de los suelos contaminados se utilizaron los límites establecidos por el Protocolo de Louisiana 29B, encontrando que, según los datos consignados, no se superan los valores límites.

Según los datos arrojados por los análisis de laboratorio las unidades de suelos caracterizadas no presentan contaminación, estando los niveles por debajo de los límites establecidos por el Protocolo como puede verse en el numeral de muestreo de suelos.

5.1.5.10.7 Servicios ecosistémicos de los suelos

Una vez identificadas las características químicas y físicas del suelo, se procedió a definir los servicios ecosistémicos que resultan de la combinación de una o más de sus características. En el marco del presente estudio se definieron dos (2) servicios ecológicos: fertilidad y capacidad de uso del suelo.

5.1.5.10.7.1 Fertilidad

La disponibilidad de nutrientes que presenta un suelo es uno de los servicios ambientales más importantes. Los procesos de alteración del material base permiten la liberación de los elementos nutritivos que este material contiene, más los aportes del medio en materia orgánica; este proceso constituye la fuente natural para la nutrición de los ecosistemas y agrosistemas.

En la medida en que se pueda determinar este servicio ecosistémico, se podrá explicar muchas de las relaciones funcionales que los ecosistemas ofrecen como un bien o como otro tipo de servicio.

Las unidades cartográficas caracterizadas muestran una fertilidad media a baja según los datos descritos de manera amplia en el numeral Análisis de la fertilidad del suelo.

5.1.5.10.7.2 Capacidad de uso del suelo

La capacidad de uso del suelo es de carácter interpretativo y se fundamenta en los efectos combinados del clima ambiental y las características permanentes de los suelos sobre los riesgos de deterioro, las limitaciones en su uso, la capacidad de producción y los requerimientos de manejo del suelo.

Dependiendo del nivel de clasificación se valida la información del gradiente de la pendiente, grado de erosión, área afectada por movimientos en masa, profundidad efectiva, textura, pedregosidad superficial, fragmentos gruesos en el perfil, salinidad, sodicidad, saturación de aluminio, fertilidad, drenaje natural, frecuencia de las inundaciones y encharcamientos, temperatura ambiental, precipitación pluvial, frecuencia de heladas y vientos.

Los suelos caracterizados presentan capacidad de uso para Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación, cultivos transitorios semiintensivos, sistema forestal productor.

Es importante conocer que la capacidad de uso es la que determina el tipo de explotación agropecuaria que puede soportar un suelo, de acuerdo con las características físicas, químicas y del entorno, puesto que de sobre utilizarse se incentiva a la generación de procesos erosivos, de salinización, y en el peor de los casos desertificación, siendo este un parámetro restrictivo para el uso de los suelos.

De manera general, los servicios ecosistémicos de estos suelos se ven limitados por la media a baja fertilidad demandando la implementación de buenas prácticas agropecuarias para el manejo de explotaciones agropecuarias y de esta forma evitar el deterioro del recurso.

5.1.6 Hidrología

La hidrología se ocupa del análisis, las propiedades, distribución y circulación del agua en la superficie terrestre y en el subsuelo. Además de formar parte de todos los procesos productivos y extractivos como recurso vital de los diferentes ecosistemas, por lo que el estudio hidrológico suministra herramientas para entender la conducta del escurrimiento superficial, la real oferta hídrica y el comportamiento de los diferentes drenajes presentes en un área determinada.

El presente numeral describe y caracteriza los resultados de los análisis de hidrografía e hidrología de los sistemas lóticos y lénticos del área de influencia Físico-Biótica del proyecto, a partir de la información de los principales organismos consultados como el IDEAM, IGAC y CORTOLIMA.

5.1.6.1 Localización hidrográfica

El marco hidrológico para Colombia se estructura en varios niveles de agregación, el nivel mayor es el área hidrográfica, el siguiente es zona hidrográfica, seguido de subzona hidrográfica, luego nivel subsiguiente y por último microcuencas o unidades hidrográficas. En el área de estudio no se identificaron niveles subsiguientes, por lo que de subzona hidrográfica se sigue a microcuena. En la Tabla 5.1-71 se detalla la zonificación hidrográfica del área de influencia.

Tabla 5.1-71 Zonificación hidrográfica del área de influencia

| Área hidrográfica | Zona hidrográfica | Subzona hidrográfica | Microcuena |
|---------------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-01] Quebrada Innominada 3 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-02] Quebrada Agua Sucia |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-03] Quebrada Innominada 4 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-04] Quebrada El Rodeo |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-05] Quebrada Honda |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-06] Quebrada Ocona |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-07] Quebrada Borbona |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-08] Quebrada Guacarí |

| Área hidrográfica | Zona hidrográfica | Subzona hidrográfica | Microcuenca |
|---------------------|---------------------|----------------------|--|
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-09] Quebrada Innominada 1 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-01] Quebrada Zanja Honda |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-02] Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-03] Quebrada Las Abejas |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-04] Quebrada Doima |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-05] Quebrada Garabetera |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-06] Quebrada La Pedregosa |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-07] Quebrada Innominada 2 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-08] Río Opía |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-09] Quebrada San Javier |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-10] Quebrada Armadillos Dos |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-11] Quebrada Miragatos |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-12] Quebrada Ambafer |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2124] Río Totaré | [2124-99-01] Río Chípalo |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Figura 5.1-157 se muestra la localización hidrográfica del proyecto.

Ibagué y Piedras (Tolima)

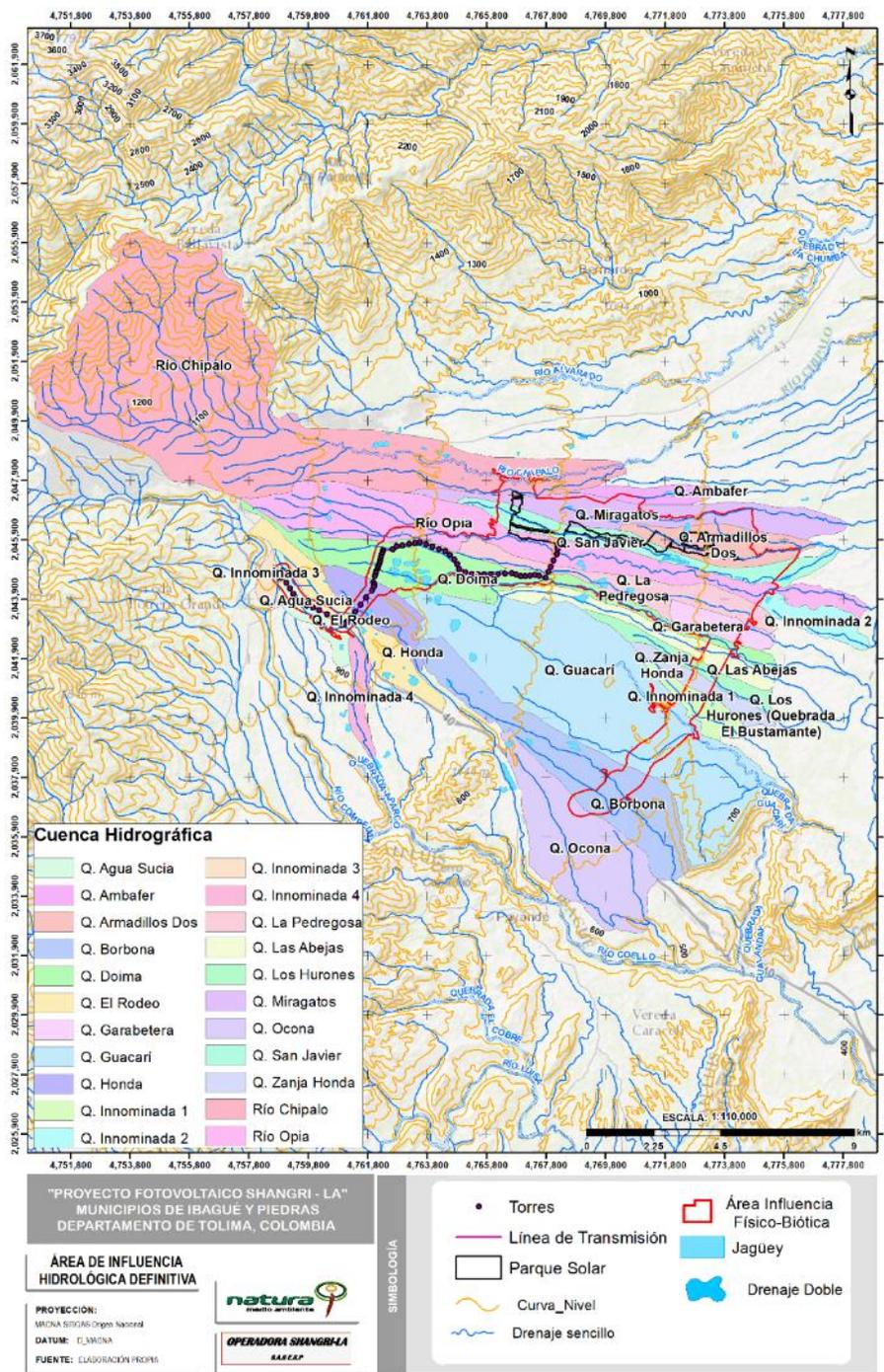


Figura 5.1-157 Localización hidrográfica del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La codificación presentada de las unidades hidrográficas se realizó a partir del Decreto 1640 de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)², el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2012) y el Estudio Nacional del Agua (ENA, 2010, 2014, 2019)³.

5.1.6.2 Sistemas lénticos

Los sistemas lénticos son cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir, como, las lagunas, los jagüeyes, y los pantanos, entre otros. Por lo general tienen poca profundidad y pueden ser naturales o artificiales.

En la **Tabla 5.1-72** se desglosa la información de sistemas lénticos en el AI del proyecto. En general, se encontraron cuerpos de agua artificiales del tipo jagüey, construidos como infraestructura para la actividad arrocera predominante en el área de influencia.

Tabla 5.1-72 Sistemas lénticos en el AI del proyecto

| ID | ESTE [m] | NORTE [m] | NOMBRE | COMENTARIOS | FOTOGRAFÍA |
|----|----------|-----------|--------|---|---|
| J1 | 4774388 | 2044632 | Jagüey | Llena con agua. Con servidumbre río Combeima. Espejo de agua cubierto con macrófitas. |  |

² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1640 (2, agosto, 2012). Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.: El Ministerio, 2012, 28 p.

³ IDEAM (2014). Estudio Nacional del Agua [en línea].

<<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019252/ESTUDIONACIONALDELAGUA.pdf>>

[citado en 27 de noviembre de 2017]

Ibagüé y Piedras (Tolima)

| ID | ESTE [m] | NORTE [m] | NOMBRE | COMENTARIOS | FOTOGRAFÍA |
|----|----------|-----------|-----------------------|---|---|
| J2 | 4774127 | 2045457 | Jagüey | Para cultivos de arroz. Espejo sin macrófitas. Recibe agua de sistema de riego río Combeima. |  |
| J3 | 4772428 | 2046165 | Jagüey | Recibe agua de distrito de riego en verano e invierno. Agua de un pozo contiguo se usa para cultivos de arroz mediante acequias. Pesca. |  |
| J4 | 4772393 | 2046136 | Jagüey | Se llena con agua distrito de riego. Agua verde clara. Usos: pesca y riegos cultivos. |  |
| J5 | 4772539 | 2045092 | Jagüey | Recibe agua de distrito de riego. Uso para cultivo de arroz. |  |
| J6 | 4772459 | 2045155 | Jagüeyes piscicultura | Cachama, mojarra. Usa agua del distrito de riego del río Combeima. Finca La Carolina. |  |
| J7 | 4772323 | 2045212 | Jagüey | Para agua de riego cultivo arroz. |  |

Ibagüé y Piedras (Tolima)

| ID | ESTE [m] | NORTE [m] | NOMBRE | COMENTARIOS | FOTOGRAFÍA |
|-----|----------|-----------|----------------------|--|---|
| J8 | 4772024 | 2045344 | Jagüey | Para riego de cultivos de arroz. |  |
| J9 | 4771865 | 2045384 | Estanques piscícolas | Para alevinos. |  |
| J10 | 4762407 | 2044821 | Jagüey | Usos: cultivos de arroz, pesca y recreativo. Se llena con canal, lluvia y escorrentías. |  |
| J11 | 4763001 | 2044842 | Jagüey | Usos: cultivo de arroz y ganado. Tiene fauna silvestre. |  |
| J12 | 4762702 | 2045023 | Jagüey | Cultivo de arroz. Se seca en verano fuerte. Macrófitas. Sistemas de Jagüeyes. Estas son cabeceras. |  |
| J14 | 4768666 | 2046994 | Jagüey | Llena de macrófitas. Se avistó una Babilla. |  |

| ID | ESTE [m] | NORTE [m] | NOMBRE | COMENTARIOS | FOTOGRAFÍA |
|-----|----------|-----------|-----------------------------|--|--|
| J15 | 4769595 | 2044288 | Jagüey | Usos: cultivos de arroz y pesca. Pescadores en faena. |  |
| J16 | 4758731 | 2044957 | Jagüey | Usos: cultivo arroz y pesca. Frente a estación Miro lindo. |  |
| J17 | 4771476 | 2045453 | Represa quebrada San Javier | Captación. Sacan agua para riego. |  |

*Sistema de coordenadas CTM12. Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.3 Sistemas lóticos

De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2019) un sistema lótico es una corriente de agua que se conecta con otros cursos de agua y que desemboca en otra corriente de un lago o en el mar.

Un drenaje se define como una corriente de agua continua, más o menos caudalosa, que va a desembocar en otra corriente o en el mar. Los drenajes en el área de estudio se clasifican en ríos y quebradas.

Se realizó un trabajo de campo para reconocer los cuerpos lóticos en el AI. Este fue un insumo para la actualización de la red de drenaje con base en la cartografía base del

IGAC en escala 1:25.000 e imágenes de satélite adquiridas por el proyecto. En la Tabla 5.1-73 se presentan los puntos de control de los cuerpos lóticos reconocidos en campo.

Tabla 5.1-73 Puntos de control levantados para la caracterización hidrológica en el AI del proyecto

| PUNTO CONTROL | DIA | ESTE [m] | NORTE [m] | ALTURA [msnm] | TIPO CUERPO | NOMBRE | FOTOGRAFÍA |
|---------------|------------|----------|-----------|---------------|-------------|---------------------|---|
| 674 | 12/05/2021 | 4762306 | 2045704 | 945 | Lótico | Quebrada Doima |  |
| 675 | 12/05/2021 | 4774357 | 2043591 | 703 | Lótico | Quebrada innominada |  |
| 676 | 12/05/2021 | 4774565 | 2044140 | 694 | Lótico | Río Opía |  |
| 677 | 12/05/2021 | 4774590 | 2044126 | 697 | Lótico | Río Opía |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO CONTROL | DIA | ESTE [m] | NORTE [m] | ALTURA [msnm] | TIPO CUERPO | NOMBRE | FOTOGRAFÍA |
|---------------|------------|----------|-----------|---------------|-------------|----------------------|---|
| 680 | 13/05/2021 | 4770192 | 2037722 | 734 | Lótico | Quebrada La Borbona |  |
| 681 | 13/05/2021 | 4771003 | 2038501 | 721 | Lótico | Quebrada La Perica |  |
| 683 | 13/05/2021 | 4773747 | 2042512 | 702 | Lótico | Quebrada Doima |  |
| 684 | 13/05/2021 | 4775469 | 2044534 | 691 | Lótico | Quebrada San Javier |  |
| 685 | 13/05/2021 | 4776345 | 2045589 | 674 | Lótico | Quebrada Armadillo 2 |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO CONTROL | DIA | ESTE [m] | NORTE [m] | ALTURA [msnm] | TIPO CUERPO | NOMBRE | FOTOGRAFÍA |
|---------------|------------|----------|-----------|---------------|-------------|----------------------|---|
| 686 | 13/05/2021 | 4776792 | 2046691 | 662 | Lótico | Quebrada Miragatos |  |
| 688 | 13/05/2021 | 4774514 | 2045254 | 700 | Lótico | Quebrada Armadillo 2 |  |
| 691 | 13/05/2021 | 4773950 | 2046103 | 719 | Lótico | Natural |  |
| 695 | 13/05/2021 | 4773651 | 2046784 | 719 | Lótico | Quebrada Miragatos |  |
| 711 | 14/05/2021 | 4762414 | 2044890 | 945 | Lótico | Innominado |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO CONTROL | DIA | ESTE [m] | NORTE [m] | ALTURA [msnm] | TIPO CUERPO | NOMBRE | FOTOGRAFÍA |
|---------------|------------|----------|-----------|---------------|-------------|--------------------|---|
| 716 | 14/05/2021 | 4762702 | 2045644 | 935 | Lótico | Quebrada Doima |  |
| 718 | 14/05/2021 | 4762876 | 2046002 | 925 | Lótico | Río Opía |  |
| 725 | 14/05/2021 | 4767143 | 2045014 | 839 | Lótico | Innominado |  |
| 730 | 14/05/2021 | 4767677 | 2045803 | 827 | Lótico | Río Opía |  |
| 736 | 14/05/2021 | 4769240 | 2046691 | 807 | Lótico | Quebrada Miragatos |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO CONTROL | DIA | ESTE [m] | NORTE [m] | ALTURA [msnm] | TIPO CUERPO | NOMBRE | FOTOGRAFÍA |
|---------------|------------|----------|-----------|---------------|-------------|----------------------|---|
| 747 | 15/05/2021 | 4771145 | 2043543 | 751 | Lótico | Quebrada Doima |  |
| 750 | 15/05/2021 | 4773259 | 2043793 | 711 | Lótico | Quebrada Pedregosa |  |
| 751 | 15/05/2021 | 4770028 | 2044395 | 774 | Lótico | Quebrada Pedregosa |  |
| 755 | 15/05/2021 | 4772965 | 2040965 | 712 | Lótico | Quebrada Zanja Honda |  |
| 756 | 15/05/2021 | 4772251 | 2039974 | 707 | Lótico | Quebrada Guacarí |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO CONTROL | DIA | ESTE [m] | NORTE [m] | ALTURA [msnm] | TIPO CUERPO | NOMBRE | FOTOGRAFÍA |
|---------------|------------|----------|-----------|---------------|-------------|------------------------|---|
| 757 | 15/05/2021 | 4772231 | 2039918 | 708 | Lótico | Brazo quebrada Guacarí |  |
| 759 | 15/05/2021 | 4770996 | 2038496 | 726 | Lótico | Quebrada La Perica |  |
| 763 | 15/05/2021 | 4761956 | 2044361 | 947 | Lótico | Quebrada Honda |  |
| 764 | 15/05/2021 | 4761138 | 2043241 | 942 | Lótico | Quebrada El Rodeo |  |
| 768 | 16/05/2021 | 4770549 | 2045249 | 770 | Lótico | Río Opía |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO CONTROL | DIA | ESTE [m] | NORTE [m] | ALTURA [msnm] | TIPO CUERPO | NOMBRE | FOTOGRAFÍA |
|---------------|------------|----------|-----------|---------------|-------------|-----------------------|---|
| 769 | 16/05/2021 | 4771605 | 2045452 | 748 | Lótico | Quebrada San Javier |  |
| 773 | 16/05/2021 | 4770480 | 2046053 | 770 | Lótico | Quebrada NN |  |
| 774 | 16/05/2021 | 4770412 | 2045879 | 771 | Lótico | Quebrada San Javier |  |
| 777 | 16/05/2021 | 4766781 | 2046761 | 849 | Lótico | Quebrada San Javier |  |
| 781 | 16/05/2021 | 4772467 | 2045719 | 741 | Lótico | Quebrada Armadillo 2. |  |

| PUNTO CONTROL | DIA | ESTE [m] | NORTE [m] | ALTURA [msnm] | TIPO CUERPO | NOMBRE | FOTOGRAFÍA |
|---------------|------------|----------|-----------|---------------|-------------|------------------|--|
| 783 | 16/05/2021 | 4765991 | 2043014 | 841 | Lótico | Quebrada Guacarí |  |
| 785 | 16/05/2021 | 4764780 | 2043710 | 876 | Lótico | Quebrada Guacarí |  |
| 790 | 16/05/2021 | 4762372 | 2046014 | 949 | Lótico | Río Opía |  |

*Sistema de coordenadas CTM12. Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.3.1 Delimitación de las cuencas hidrográficas en el área de influencia Físico-Biótica

Una cuenca hidrográfica es el "(...) el área de aguas superficiales que vierte a una red natural con una o varias corrientes superficiales, de caudal continuo o intermitente, que confluye en un curso mayor y a su vez desemboca en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente al mar (...)" Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2012) definido mediante el Decreto 1076 de 2015, título 3, sección 5.

En la Tabla 5.1-74 se presenta la jerarquización hidrográfica de las cuencas hidrográficas delimitadas en el área de influencia, son veintidós (22) en total. En la Figura 5.1-158 a la Figura 5.1-178 se muestra la distribución espacial de las cuencas en el área de influencia del proyecto.

Tabla 5.1-74 Cuencas hidrográficas del área de influencia

| Área hidrográfica | Zona hidrográfica | Subzona hidrográfica | Microcuenca | Área en AI | % AI |
|---------------------|---------------------|----------------------|--|------------|------|
| Cuenca orden 1 | Cuenca orden 2 | Cuenca orden 3 | Cuenca orden 4 | [ha] | [%] |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-01] Quebrada Innominada 3 | 198,7 | 4,0 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-02] Quebrada Agua Sucia | 61,6 | 1,2 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-03] Quebrada Innominada 4 | 40,1 | 0,8 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-04] Quebrada El Rodeo | 39,3 | 0,8 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-05] Quebrada Honda | 247,9 | 5,0 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-06] Quebrada Ocona | 62,5 | 1,3 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-07] Quebrada Borbona | 827,1 | 16,7 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-08] Quebrada Guacarí | 528,5 | 10,7 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2121] Río Coello | [2121-99-09] Quebrada Innominada 1 | 484,2 | 9,8 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-01] Quebrada Zanja Honda | 501,2 | 10,1 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-02] Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 22,1 | 0,4 |

| Área hidrográfica | Zona hidrográfica | Subzona hidrográfica | Microcuenca | Área en AI | % AI |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------------|------------|--------|
| Cuenca orden 1 | Cuenca orden 2 | Cuenca orden 3 | Cuenca orden 4 | [ha] | [%] |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-03] Quebrada Las Abejas | 0,1 | 2,2E-5 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-04] Quebrada Doima | 74,2 | 1,5 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-05] Quebrada Garabetera | 59,9 | 1,2 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-06] Quebrada La Pedregosa | 10,1 | 0,2 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-07] Quebrada Innominada 2 | 81,0 | 1,6 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-08] Río Opía | 132,3 | 2,7 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-09] Quebrada San Javier | 184,8 | 3,7 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-10] Quebrada Armadillos Dos | 753,9 | 15,2 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-11] Quebrada Miragatos | 0,5 | 0,0 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2122] Río Opía | [2122-99-12] Quebrada Ambafer | 622,5 | 12,6 |
| [2] Magdalena-Cauca | [21] Alto Magdalena | [2124] Río Totaré | [2124-99-01] Río Chípalo | 25,2 | 0,5 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

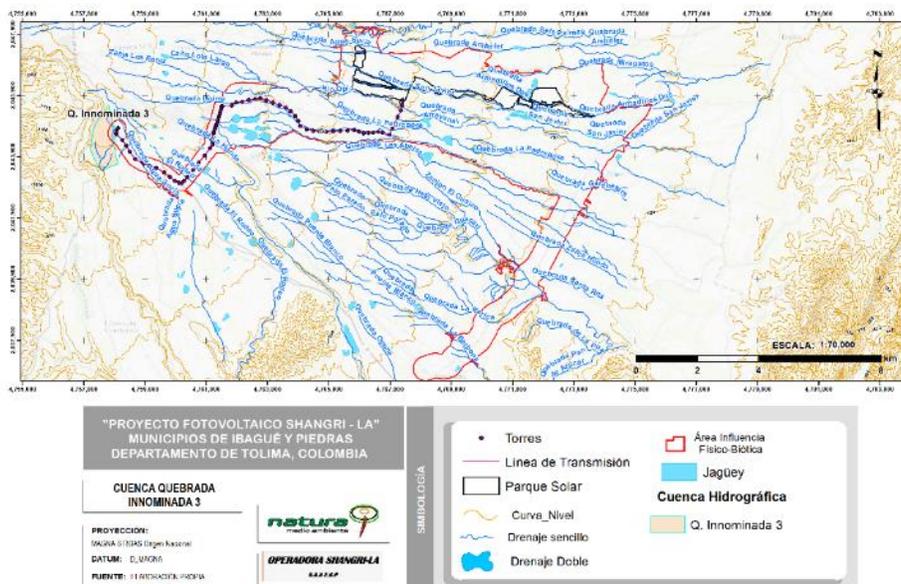


Figura 5.1-158 Cuenca Quebrada Innominada 3 en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

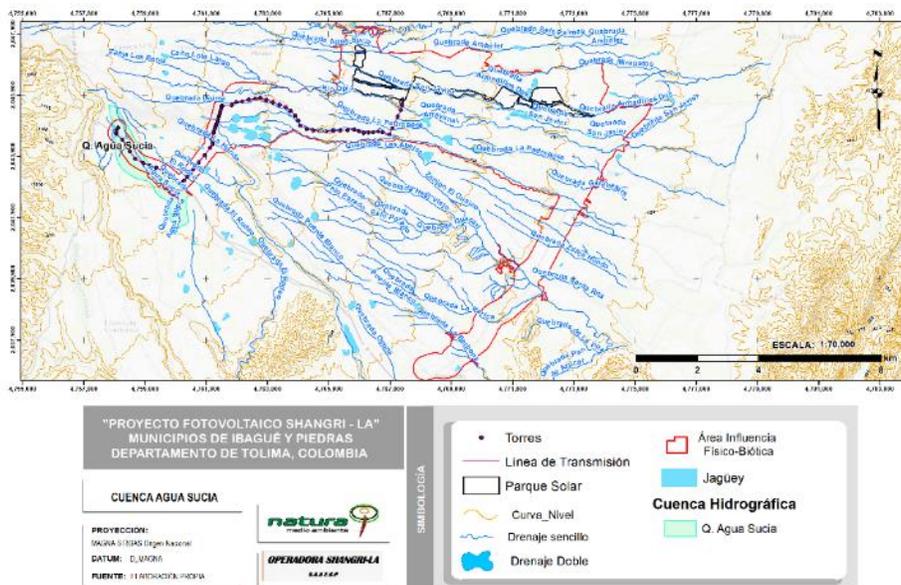


Figura 5.1-159 Cuenca Quebrada Agua Sucia en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

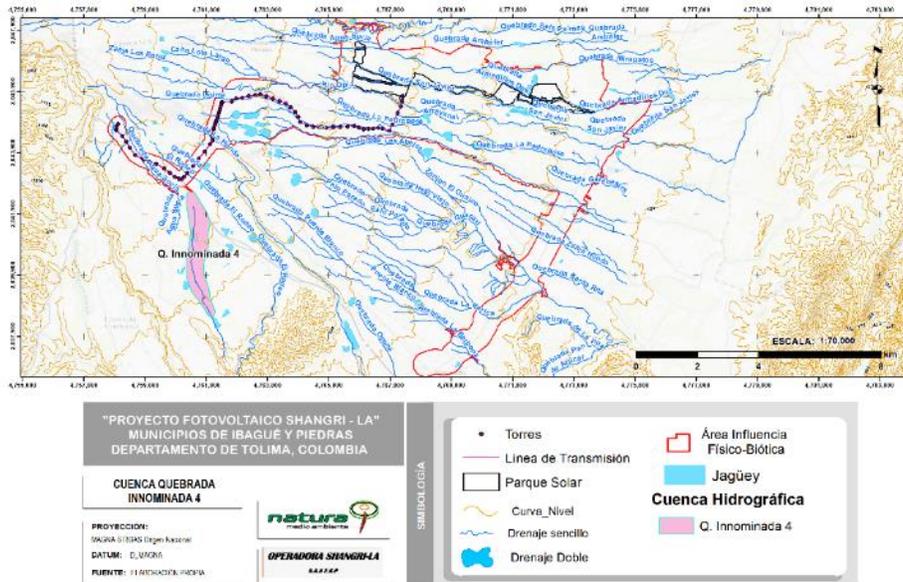


Figura 5.1-160 Cuenca Quebrada Innominada 4 en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

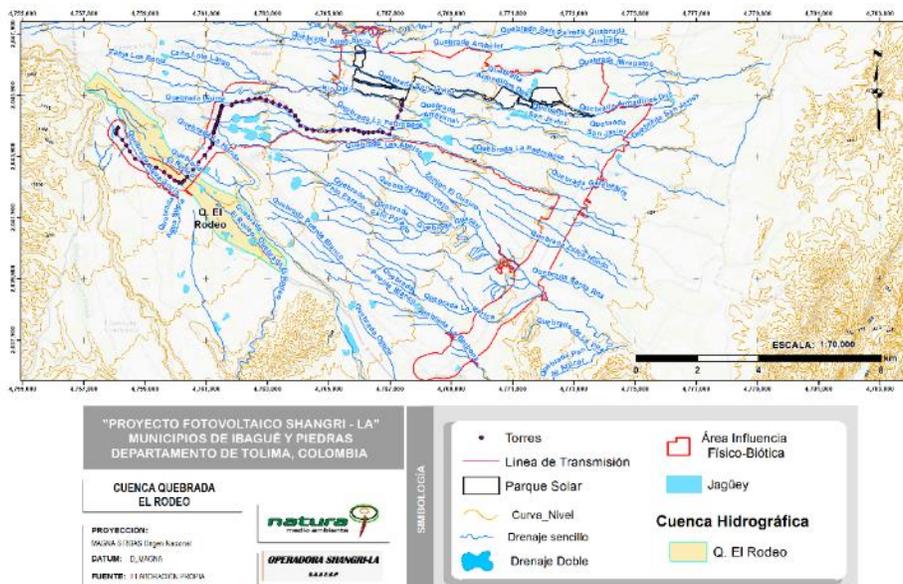


Figura 5.1-161 Cuenca Quebrada El Rodeo en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

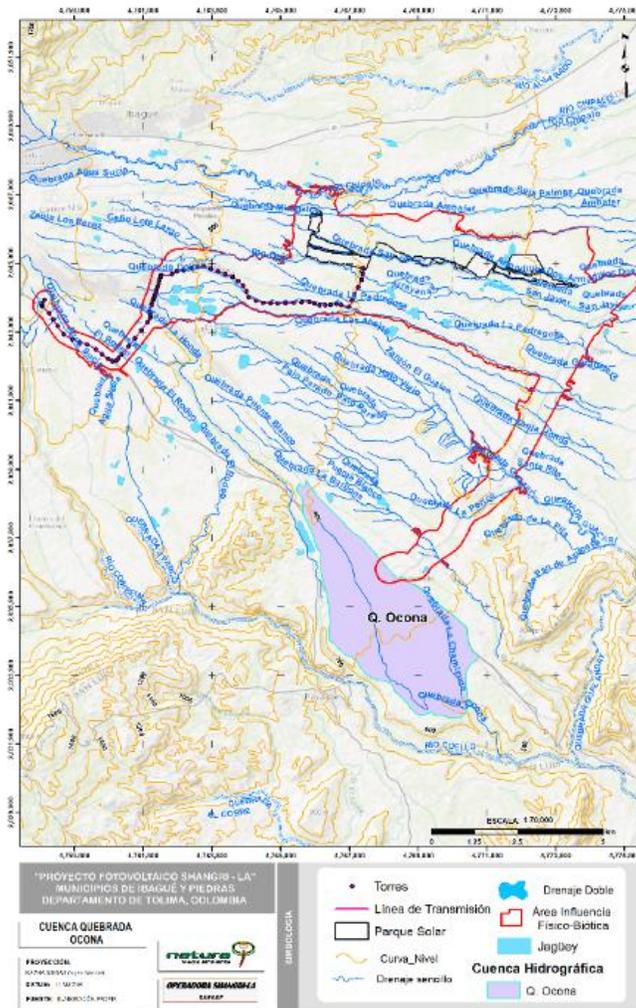


Figura 5.1-162 Cuenca Quebrada Ocona en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

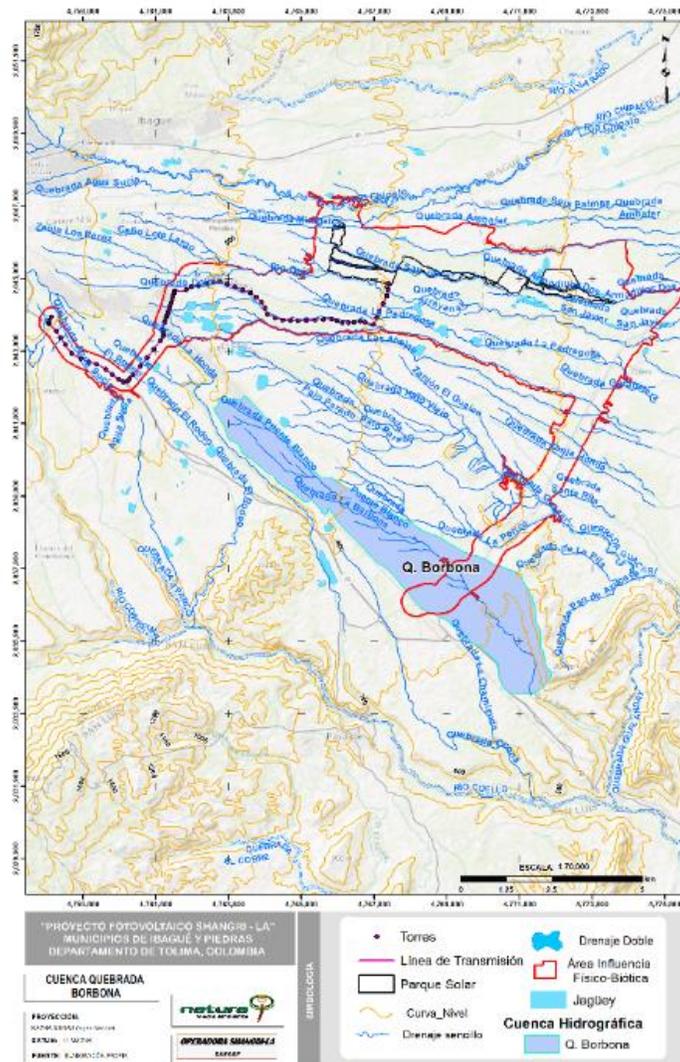


Figura 5.1-163 Cuenca Quebrada Borbona en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

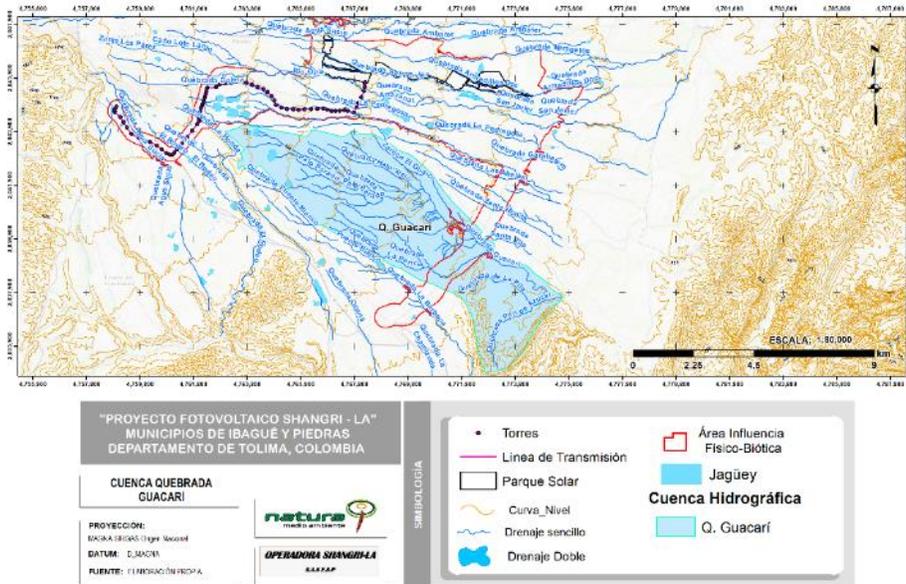


Figura 5.1-164 Cuenca Quebrada Guacarí en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

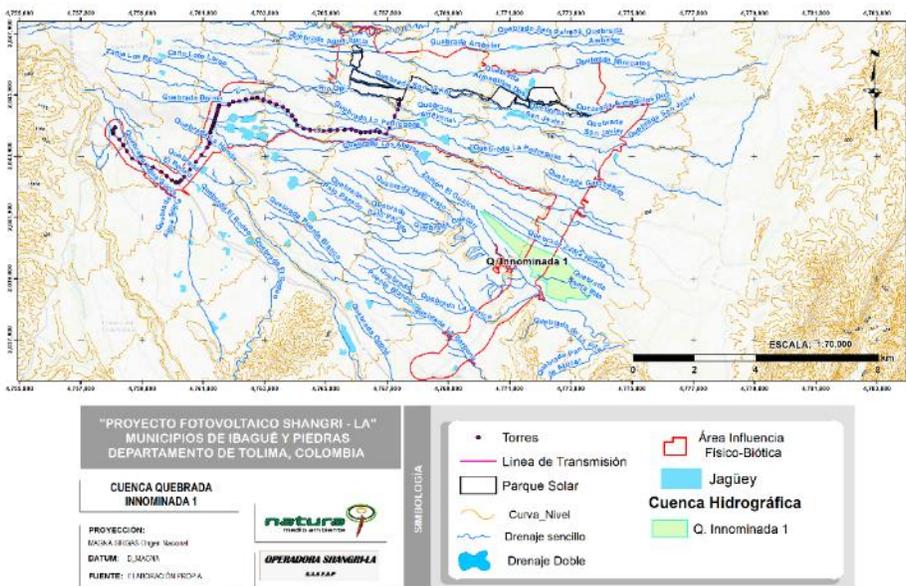


Figura 5.1-165 Cuenca Quebrada Innominada 1 en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

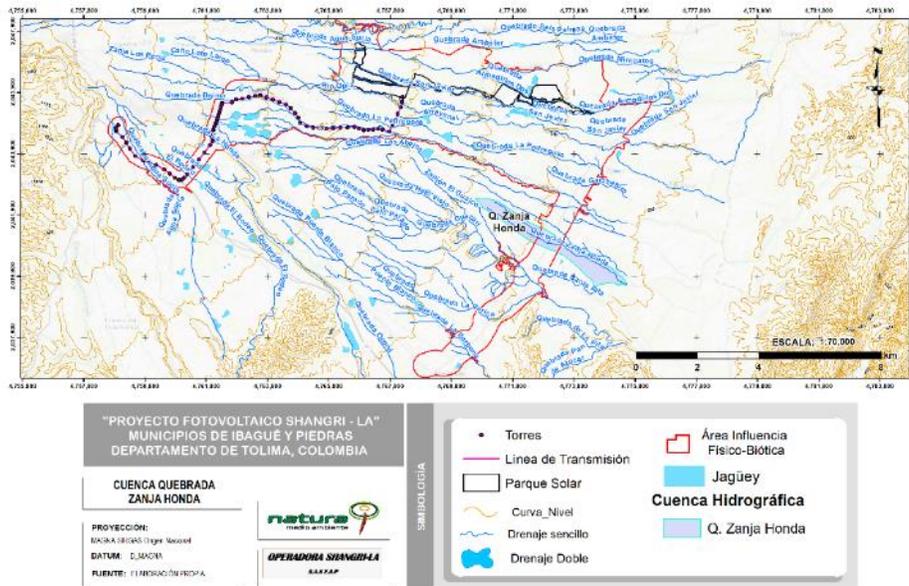


Figura 5.1-166 Cuenca Quebrada Zanja Honda en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

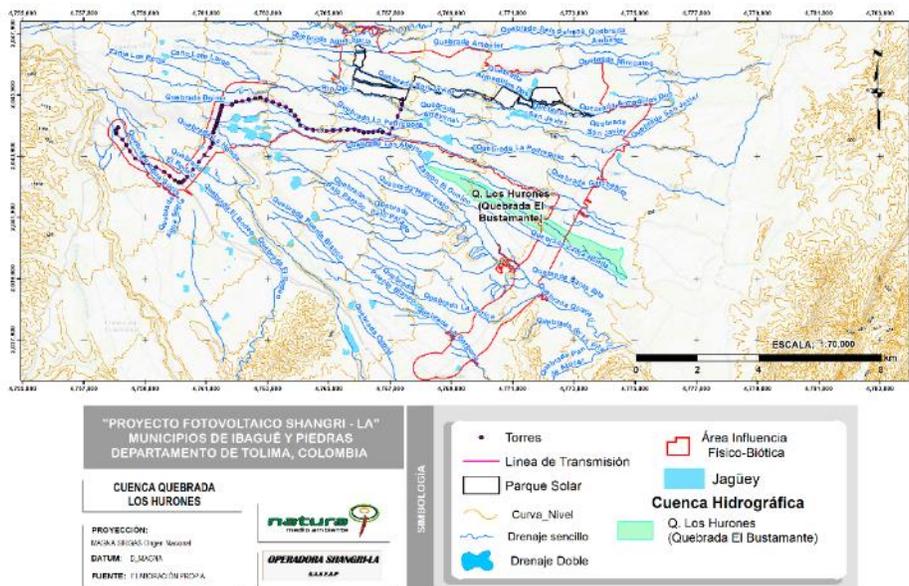


Figura 5.1-167 Cuenca Quebrada Los Hurones (quebrada el Bustamante) en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

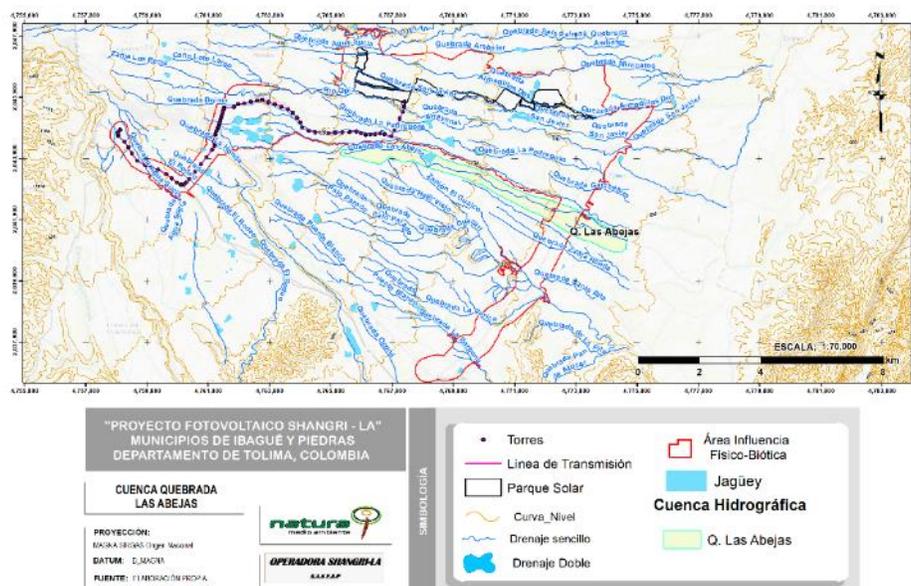


Figura 5.1-168 Cuenca Quebrada Las Abejas en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

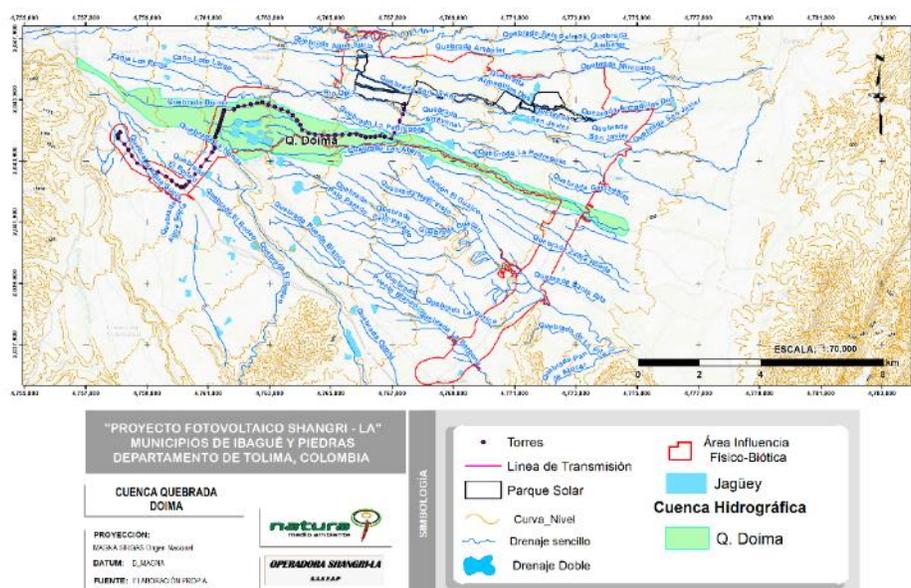


Figura 5.1-169 Cuenca Quebrada Doima en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

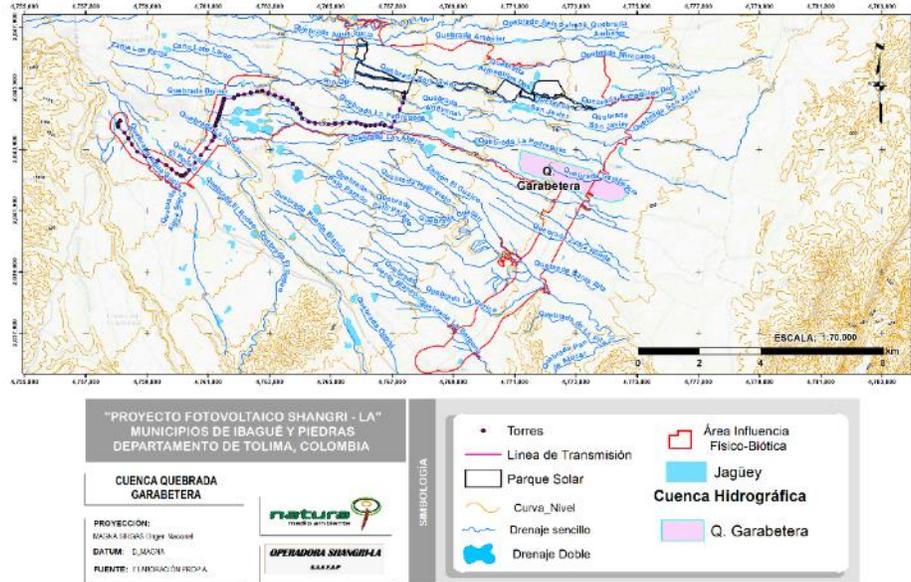


Figura 5.1-170 Cuenca Quebrada Garabetera en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

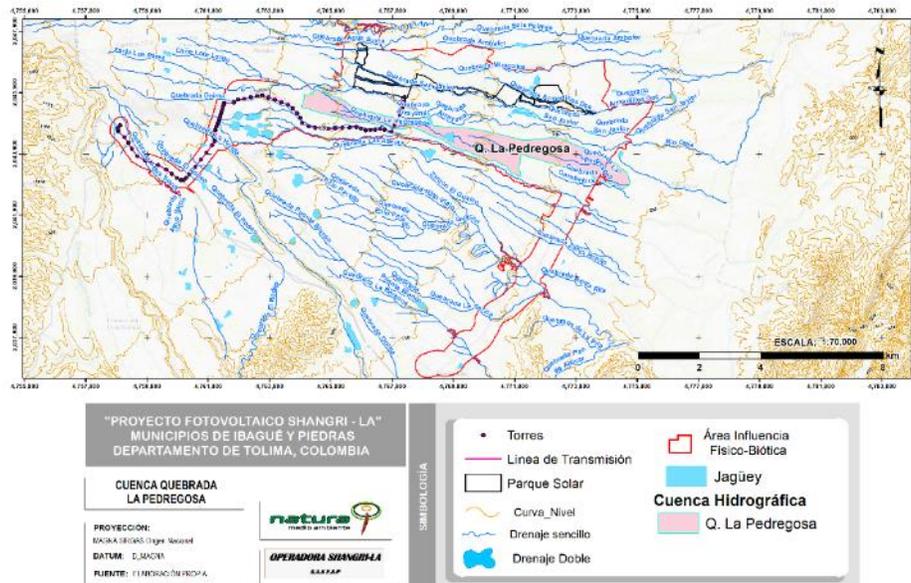


Figura 5.1-171 Cuenca Quebrada La Pedregosa en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

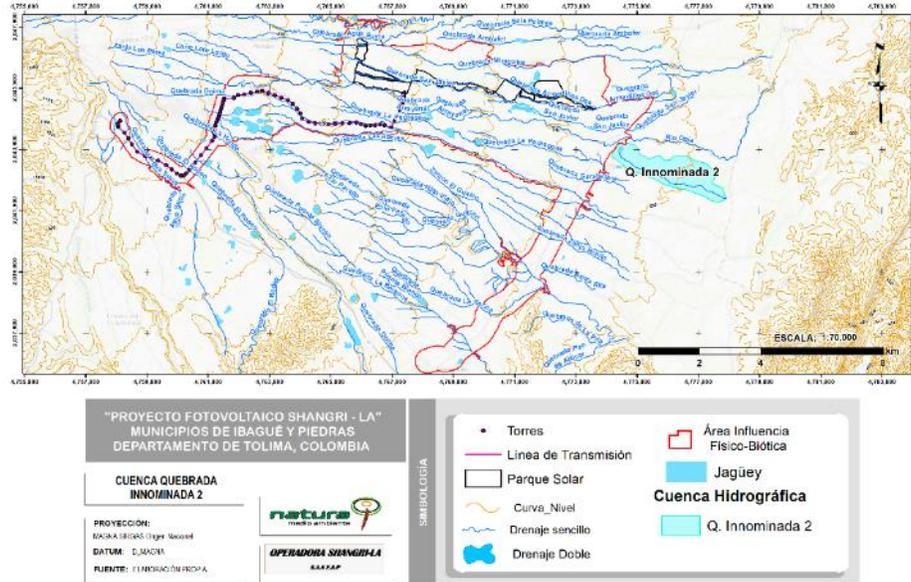


Figura 5.1-172 Cuenca Quebrada Innominada 2 en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

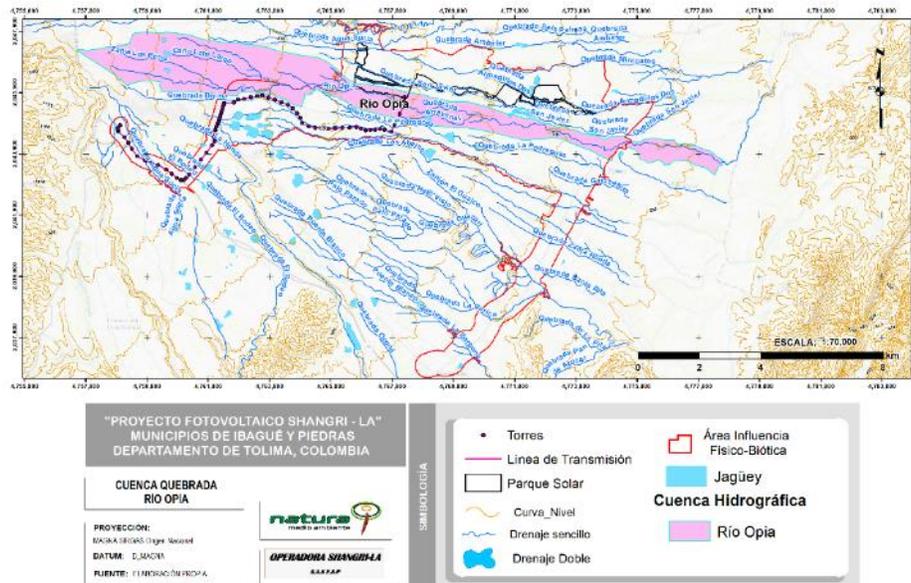


Figura 5.1-173 Cuenca Río Opía en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

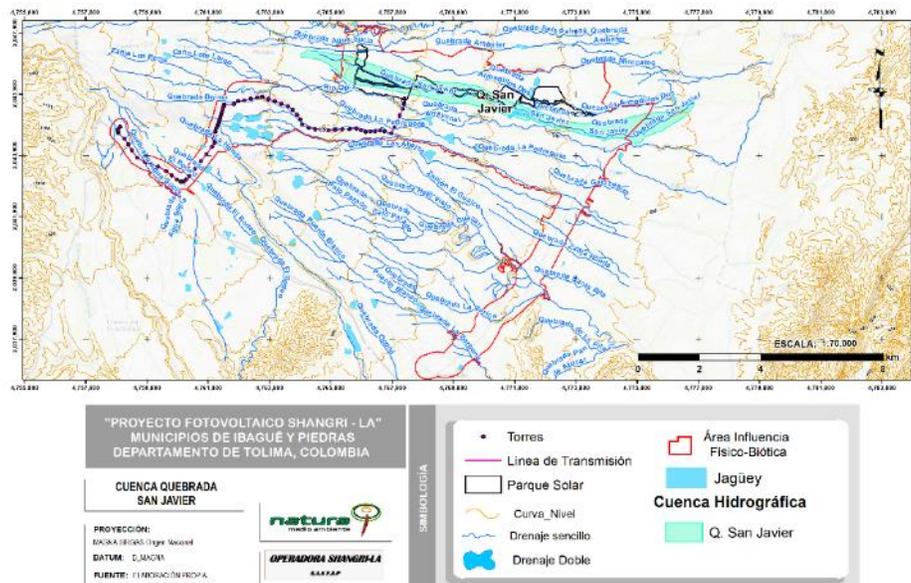


Figura 5.1-174 Cuenca Quebrada San Javier en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

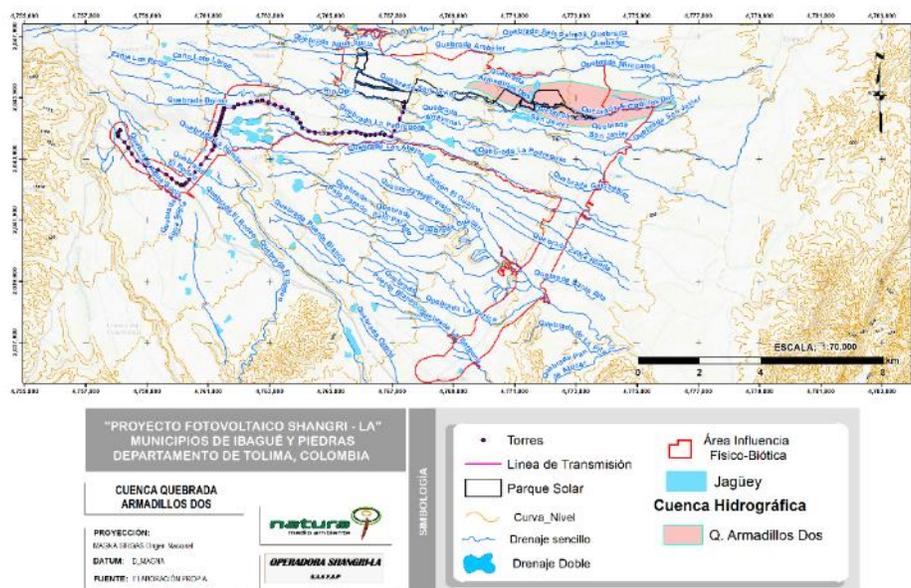


Figura 5.1-175 Cuenca Quebrada Armadillos Dos en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

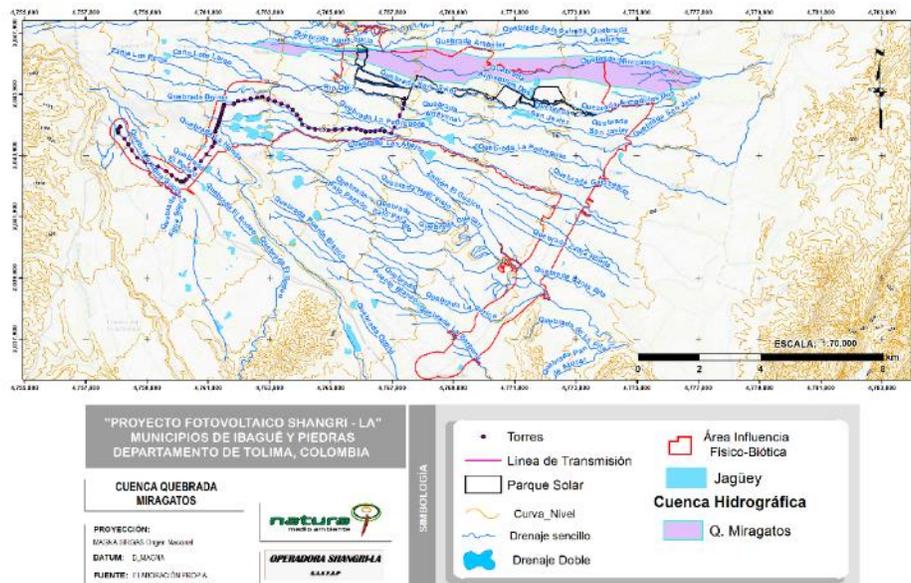


Figura 5.1-176 Cuenca Quebrada Miragatos en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

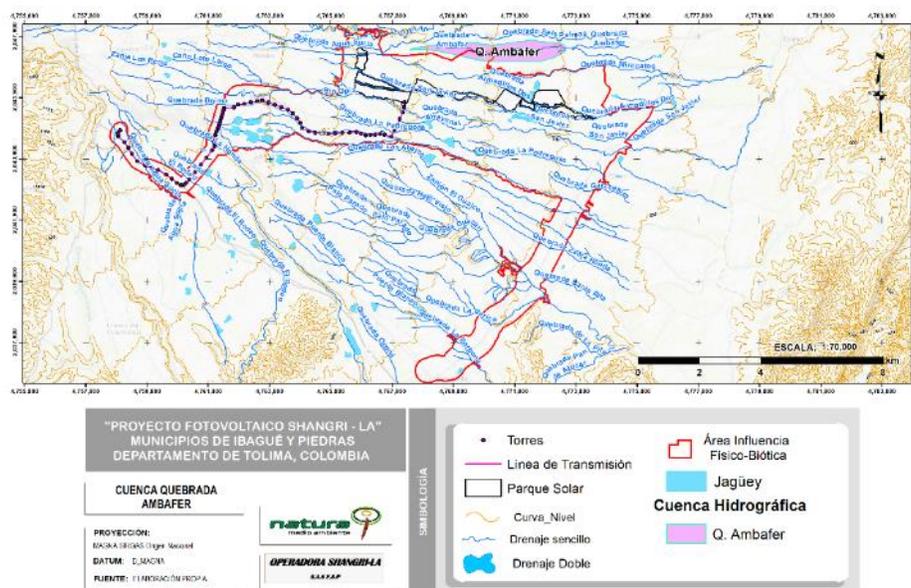


Figura 5.1-177 Cuenca Quebrada Ambafer en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

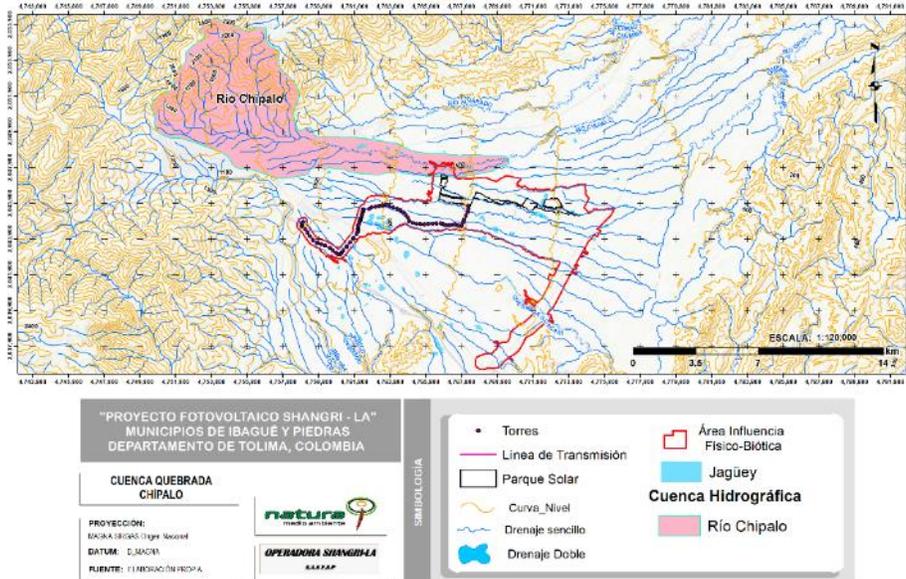


Figura 5.1-178 Cuenca Río Chípalo en el área de influencia del proyecto

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.3.2 Morfometría de las cuencas del área de influencia Físico-Biótica

La caracterización morfométrica de las cuencas permite tener algunos indicios acerca de la respuesta de la unidad hidrográfica ante eventos de precipitación. Permite a su vez, hacer una comparación preliminar entre unidades hidrográficas, acerca de la velocidad y magnitud de la respuesta hidrológica de los eventos de escurrimiento directo. Es importante tener en cuenta que esta caracterización está relacionada con la respuesta superficial de la cuenca y no aporta conocimiento acerca del flujo medio o base de las corrientes.

La caracterización morfométrica se realizó sobre veintidós (22) cuencas, los resultados se presentan en la Tabla 5.1-75, Tabla 5.1-76, Tabla 5.1-77, Tabla 5.1-78, Tabla 5.1-79 y Tabla 5.1-80.

La morfometría de las unidades hidrográficas muestra un panorama en el que las cuencas son alargadas con pendientes medias entre 4 % y 27 %, asimismo los cauces principales tienen pendientes medias aproximadas entre 1% y 7 %. Estos hallazgos están en consonancia con la realidad del territorio, que se presenta principalmente plano y con una configuración alargada W-E asociada con los abanicos aluviales de Ibagué.

Tabla 5.1-75 Caracterización morfométrica: área y perímetro de la cuenca

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | ÁREA [ha] | PERÍMETRO [km] |
|--|-----------|----------------|
| Quebrada Agua Sucia [2121-99-02] | 284,89 | 10,64 |
| Quebrada Ambafer [2122-99-12] | 227,81 | 10,48 |
| Quebrada Armadillos Dos [2122-99-10] | 586,87 | 14,17 |
| Quebrada Borbona [2121-99-07] | 1626,96 | 26,83 |
| Quebrada Doima [2122-99-04] | 1386,14 | 40,82 |
| Quebrada El Rodeo [2121-99-04] | 655,68 | 19,32 |
| Quebrada Garabetera [2122-99-05] | 260,47 | 8,57 |
| Quebrada Guacarí [2121-99-08] | 3997,99 | 35,28 |
| Quebrada Honda [2121-99-05] | 461,43 | 11,44 |
| Quebrada Innominada 1 [2121-99-09] | 280,91 | 10,24 |
| Quebrada Innominada 2 [2122-99-07] | 302,28 | 9,48 |
| Quebrada Innominada 3 [2121-99-01] | 121,54 | 4,98 |
| Quebrada Innominada 4 [2121-99-03] | 217,87 | 9,00 |
| Quebrada La Pedregosa [2122-99-06] | 676,25 | 24,42 |
| Quebrada Las Abejas [2122-99-03] | 513,23 | 20,86 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) [2122-99-02] | 305,08 | 15,94 |
| Quebrada Miragatos [2122-99-11] | 998,72 | 30,33 |
| Quebrada Ocona [2121-99-06] | 1533,25 | 19,32 |
| Quebrada San Javier [2122-99-09] | 680,17 | 27,57 |
| Quebrada Zanja Honda [2122-99-01] | 261,59 | 11,88 |
| Río Chípalo [2124-99-01] | 6677,01 | 51,67 |
| Río Opia [2122-99-08] | 2065,52 | 46,40 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-76 Caracterización morfométrica: otras mediciones de la cuenca

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | CUENCA | | | |
|--|------------------|--------|--------|---------------------|
| | ELEVACIÓN [msnm] | | | Pendiente media [%] |
| | Media | Máxima | Mínima | |
| Quebrada Agua Sucia [2121-99-02] | 985,88 | 1052 | 928 | 5,6 |
| Quebrada Ambafer [2122-99-12] | 767,09 | 829 | 725 | 4,8 |
| Quebrada Armadillos Dos [2122-99-10] | 722,67 | 789 | 668 | 4,7 |
| Quebrada Borbona [2121-99-07] | 779,02 | 922 | 653 | 8,8 |
| Quebrada Doima [2122-99-04] | 895,49 | 1120 | 677 | 5,6 |
| Quebrada El Rodeo [2121-99-04] | 959,36 | 1098 | 855 | 6,2 |
| Quebrada Garabetera [2122-99-05] | 714,11 | 748 | 681 | 4,7 |
| Quebrada Guacarí [2121-99-08] | 782,73 | 947 | 644 | 9,7 |
| Quebrada Honda [2121-99-05] | 945,76 | 1028 | 856 | 11,1 |
| Quebrada Innominada 1 [2121-99-09] | 708,93 | 761 | 679 | 5,0 |
| Quebrada Innominada 2 [2122-99-07] | 670,99 | 743 | 646 | 5,6 |
| Quebrada Innominada 3 [2121-99-01] | 1018,73 | 1052 | 909 | 9,2 |
| Quebrada Innominada 4 [2121-99-03] | 908,30 | 953 | 854 | 5,1 |
| Quebrada La Pedregosa [2122-99-06] | 771,98 | 898 | 684 | 5,1 |
| Quebrada Las Abejas [2122-99-03] | 756,00 | 864 | 677 | 5,0 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) [2122-99-02] | 727,07 | 805 | 671 | 5,0 |
| Quebrada Miragatos [2122-99-11] | 765,57 | 941 | 648 | 4,6 |
| Quebrada Ocona [2121-99-06] | 729,28 | 839 | 568 | 6,4 |
| Quebrada San Javier [2122-99-09] | 772,10 | 900 | 654 | 4,6 |
| Quebrada Zanja Honda [2122-99-01] | 713,52 | 764 | 672 | 5,1 |
| Río Chipalo [2124-99-01] | 1370,02 | 2784 | 764 | 27,2 |
| Río Opia [2122-99-08] | 879,92 | 1113 | 648 | 5,1 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-77 Caracterización morfométrica: mediciones del cauce principal

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | CAUCE PRINCIPAL | | | |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|--------|---------------------|
| | Longitud [km] | Elevación [msnm] | | Pendiente media [%] |
| | | Máxima | Mínima | |
| Quebrada Agua Sucia [2121-99-02] | 4,81 | 1046 | 928 | 2,45 |
| Quebrada Ambafer [2122-99-12] | 4,43 | 810 | 725 | 1,92 |
| Quebrada Armadillos Dos [2122-99-10] | 6,47 | 779 | 668 | 1,72 |
| Quebrada Borbona [2121-99-07] | 12,03 | 913 | 653 | 2,16 |

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | CAUCE PRINCIPAL | | | |
|--|-----------------|------------------|--------|---------------------|
| | Longitud [km] | Elevación [msnm] | | Pendiente media [%] |
| | | Máxima | Mínima | |
| Quebrada Doima [2122-99-04] | 18,35 | 1056 | 677 | 2,07 |
| Quebrada El Rodeo [2121-99-04] | 6,25 | 1069 | 855 | 3,42 |
| Quebrada Garabetera [2122-99-05] | 3,08 | 724 | 681 | 1,40 |
| Quebrada Guacarí [2121-99-08] | 16,20 | 922 | 644 | 1,72 |
| Quebrada Honda [2121-99-05] | 5,20 | 991 | 856 | 2,60 |
| Quebrada Innominada 1 [2121-99-09] | 1,98 | 711 | 679 | 1,62 |
| Quebrada Innominada 2 [2122-99-07] | 4,08 | 693 | 646 | 1,15 |
| Quebrada Innominada 3 [2121-99-01] | 1,77 | 1044 | 909 | 7,61 |
| Quebrada Innominada 4 [2121-99-03] | 3,91 | 942 | 854 | 2,25 |
| Quebrada La Pedregosa [2122-99-06] | 10,97 | 880 | 684 | 1,79 |
| Quebrada Las Abejas [2122-99-03] | 10,40 | 860 | 677 | 1,76 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) [2122-99-02] | 6,63 | 778 | 671 | 1,61 |
| Quebrada Miragatos [2122-99-11] | 15,17 | 924 | 648 | 1,82 |
| Quebrada Ocona [2121-99-06] | 8,91 | 804 | 568 | 2,65 |
| Quebrada San Javier [2122-99-09] | 12,45 | 889 | 654 | 1,89 |
| Quebrada Zanja Honda [2122-99-01] | 5,38 | 757 | 672 | 1,58 |
| Río Chípalo [2124-99-01] | 28,94 | 2753 | 764 | 6,87 |
| Río Opía [2122-99-08] | 23,28 | 1071 | 648 | 1,82 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-78 Caracterización morfométrica: forma de la cuenca

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | Compacidad | | Forma | |
|--------------------------------------|------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| | Índice | Coficiente | Factor de | Clase de |
| Quebrada Agua Sucia [2121-99-02] | 1,76 | Rectangular oblonga | 0,12 | Cuenca alargada |
| Quebrada Ambafer [2122-99-12] | 1,94 | Rectangular oblonga | 0,12 | Cuenca alargada |
| Quebrada Armadillos Dos [2122-99-10] | 1,64 | Oval oblonga rectangular | 0,14 | Cuenca alargada |
| Quebrada Borbona [2121-99-07] | 1,86 | Rectangular oblonga | 0,11 | Cuenca alargada |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | Compacidad | | Forma | |
|--|------------|-----------------------------|-----------|-----------------|
| | Índice | Coficiente | Factor de | Clase de |
| Quebrada Doima [2122-99-04] | 3,07 | Rectangular oblonga | 0,04 | Cuenca alargada |
| Quebrada El Rodeo [2121-99-04] | 2,11 | Rectangular oblonga | 0,17 | Cuenca alargada |
| Quebrada Garabetera [2122-99-05] | 1,49 | Oval redonda a oval oblonga | 0,27 | Cuenca alargada |
| Quebrada Guacarí [2121-99-08] | 1,56 | Oval oblonga a rectangular | 0,15 | Cuenca alargada |
| Quebrada Honda [2121-99-05] | 1,49 | Oval redonda a oval oblonga | 0,17 | Cuenca alargada |
| Quebrada Innominada 1 [2121-99-09] | 1,71 | Oval oblonga a rectangular | 0,72 | Cuenca alargada |
| Quebrada Innominada 2 [2122-99-07] | 1,53 | Oval oblonga a rectangular | 0,18 | Cuenca alargada |
| Quebrada Innominada 3 [2121-99-01] | 1,26 | Oval redonda a oval oblonga | 0,39 | Cuenca alargada |
| Quebrada Innominada 4 [2121-99-03] | 1,71 | Oval oblonga a rectangular | 0,14 | Cuenca alargada |
| Quebrada La Pedregosa [2122-99-06] | 2,63 | Rectangular oblonga | 0,06 | Cuenca alargada |
| Quebrada Las Abejas [2122-99-03] | 2,58 | Rectangular oblonga | 0,05 | Cuenca alargada |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) [2122-99-02] | 2,56 | Rectangular oblonga | 0,07 | Cuenca alargada |
| Quebrada Miragatos [2122-99-11] | 2,69 | Rectangular oblonga | 0,04 | Cuenca alargada |
| Quebrada Ocona [2121-99-06] | 1,38 | Oval redonda a oval oblonga | 0,19 | Cuenca alargada |
| Quebrada San Javier [2122-99-09] | 2,96 | Rectangular oblonga | 0,04 | Cuenca alargada |
| Quebrada Zanja Honda [2122-99-01] | 2,06 | Rectangular oblonga | 0,09 | Cuenca alargada |
| Río Chípalo [2124-99-01] | 1,77 | Rectangular oblonga | 0,08 | Cuenca alargada |

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | Compacidad | | Forma | |
|----------------------------|------------|---------------------|-----------|-----------------|
| | Índice | Coficiente | Factor de | Clase de |
| Río Opía [2122-99-08] | 2,86 | Rectangular oblonga | 0,04 | Cuenca alargada |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-79 Caracterización morfométrica: tiempo de concentración

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | TIEMPO DE CONCENTRACIÓN | | | | |
|--|-------------------------|-------|-----------------|------------|------------|
| | Kirpich | Temez | SCS - Ranser | T medio | T medio |
| | [h] | | | | [min] |
| Quebrada Agua Sucia [2121-99-02] | 0,93 | 0,83 | 0,93 | 0,90 | 53,7 |
| Quebrada Ambafer [2122-99-12] | 0,96 | 0,82 | 0,95 | 0,91 | 54,6 |
| Quebrada Armadillos Dos [2122-99-10] | 1,34 | 1,12 | 1,34 | 1,26 | 75,8 |
| Quebrada Borbona [2121-99-07] | 1,97 | 1,72 | 1,97 | 1,89 | 113,1 |
| Quebrada Doima [2122-99-04] | 2,78 | 2,39 | 2,77 | 2,65 | 158,8 |
| Quebrada El Rodeo [2121-99-04] | 1,00 | 0,96 | 1,00 | 0,98 | 59,0 |
| Quebrada Garabetera [2122-99-05] | 0,82 | 0,66 | 0,82 | 0,77 | 45,9 |
| Quebrada Guacarí [2121-99-08] | 2,71 | 2,25 | 2,71 | 2,55 | 153,3 |
| Quebrada Honda [2121-99-05] | 0,96 | 0,88 | 0,96 | 0,93 | 56,0 |
| Quebrada Innominada 1 [2121-99-09] | 0,55 | 0,46 | 0,55 | 0,52 | 31,2 |
| Quebrada Innominada 2 [2122-99-07] | 1,09 | 0,85 | 1,09 | 1,01 | 60,7 |
| Quebrada Innominada 3 [2121-99-01] | 0,28 | 0,32 | 0,28 | 0,29 | 17,4 |
| Quebrada Innominada 4 [2121-99-03] | 0,82 | 0,72 | 0,81 | 0,78 | 47,1 |
| Quebrada La Pedregosa [2122-99-06] | 1,98 | 1,66 | 1,97 | 1,87 | 112,1 |
| Quebrada Las Abejas [2122-99-03] | 1,91 | 1,60 | 1,90 | 1,80 | 108,2 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) [2122-99-02] | 1,39 | 1,15 | 1,39 | 1,31 | 78,8 |
| Quebrada Miragatos [2122-99-11] | 2,52 | 2,11 | 2,51 | 2,38 | 142,9 |
| Quebrada Ocona [2121-99-06] | 1,45 | 1,31 | 1,44 | 1,40 | 84,1 |
| Quebrada San Javier [2122-99-09] | 2,13 | 1,81 | 2,13 | 2,02 | 121,4 |
| Quebrada Zanja Honda [2122-99-01] | 1,20 | 0,99 | 1,19 | 1,13 | 67,6 |
| Río Chípalo [2124-99-01] | 2,48 | 2,68 | 2,48 | 2,55 | 152,9 |
| Río Opía [2122-99-08] | 3,50 | 2,93 | 3,50 | 3,31 | 198,7 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-80 Caracterización morfométrica: red de drenaje

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | DRENAJES | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|------------|-------------------------------|
| | Longitud [km] | Densidad [km/km ²] | Densidad | Longitud recta [km] | Índice sinuosidad | Corrientes | |
| | | | | | | No. | Densidad [1/km ²] |
| Quebrada Agua Sucia [2121-99-02] | 5,87 | 2,06 | Cuenca drenada moderadamente | 4,37 | 1,10 | 4 | 1,40 |
| Quebrada Ambafer [2122-99-12] | 4,31 | 1,89 | Cuenca drenada moderadamente | 4,23 | 1,05 | 3 | 1,32 |
| Quebrada Armadillos Dos [2122-99-10] | 10,47 | 1,78 | Cuenca drenada moderadamente | 6,09 | 1,06 | 5 | 0,85 |
| Quebrada Borbona [2121-99-07] | 24,83 | 1,53 | Cuenca drenada moderadamente | 11,56 | 1,04 | 14 | 0,86 |
| Quebrada Doima [2122-99-04] | 33,28 | 2,40 | Cuenca drenada moderadamente | 17,12 | 1,07 | 9 | 0,65 |
| Quebrada El Rodeo [2121-99-04] | 9,65 | 1,47 | Cuenca drenada moderadamente | 5,88 | 1,06 | 9 | 1,37 |
| Quebrada Garabetera [2122-99-05] | 3,08 | 1,18 | Cuenca drenada moderadamente | 2,79 | 1,10 | 1 | 0,38 |
| Quebrada Guacarí [2121-99-08] | 86,12 | 2,15 | Cuenca drenada moderadamente | 13,05 | 1,24 | 45 | 1,13 |
| Quebrada Honda [2121-99-05] | 8,24 | 1,78 | Cuenca drenada moderadamente | 4,18 | 1,24 | 6 | 1,30 |
| Quebrada Innominada 1 [2121-99-09] | 1,98 | 0,70 | Cuenca drenada moderadamente | 1,79 | 1,11 | 1 | 0,36 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | DRENAJES | | | | | | |
|--|---------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------|----------------|------------|-------------------------------|
| | Longitud [km] | Densidad [km/km ²] | Densidad | Longitud recta [km] | Índice sinuoso | Corrientes | |
| | | | | | | No. | Densidad [1/km ²] |
| Quebrada Innominada 2 [2122-99-07] | 4,08 | 1,35 | Cuenca drenada moderadamente | 3,8 | 1,07 | 1 | 0,33 |
| Quebrada Innominada 3 [2121-99-01] | 3,109 | 2,56 | Cuenca drenada moderadamente | 1,74 | 1,02 | 6 | 4,94 |
| Quebrada Innominada 4 [2121-99-03] | 3,91 | 1,79 | Cuenca drenada moderadamente | 3,64 | 1,07 | 1 | 0,46 |
| Quebrada La Pedregosa [2122-99-06] | 14,72 | 2,18 | Cuenca drenada moderadamente | 10,50 | 1,04 | 8 | 1,18 |
| Quebrada Las Abejas [2122-99-03] | 12,61 | 2,46 | Cuenca drenada moderadamente | 9,66 | 1,08 | 3 | 0,58 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) [2122-99-02] | 7,19 | 2,36 | Cuenca drenada moderadamente | 6,34 | 1,05 | 3 | 0,98 |
| Quebrada Miragatos [2122-99-11] | 19,13 | 1,92 | Cuenca drenada moderadamente | 14,08 | 1,08 | 6 | 0,60 |
| Quebrada Ocona [2121-99-06] | 12,42 | 0,81 | Cuenca drenada moderadamente | 7,26 | 1,23 | 2 | 0,13 |
| Quebrada San Javier [2122-99-09] | 15,92 | 2,34 | Cuenca drenada moderadamente | 12,35 | 1,01 | 10 | 1,47 |
| Quebrada Zanja Honda [2122-99-01] | 7,77 | 2,97 | Cuenca drenada moderadamente | 5,21 | 1,03 | 2 | 0,76 |
| Río Chípalo [2124-99-01] | 128,37 | 1,92 | Cuenca drenada moderadamente | 18,54 | 1,56 | 48 | 0,72 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO [CÓDIGO] | DRENAJES | | | | | | |
|----------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------|------------|----------------------------------|
| | Longitud [km] | Densidad [km/km ²] | Densidad | Longitud recta [km] | Índice sinuosidad | Corrientes | |
| | | | | | | No. | Densidad [1/km ²] |
| Río Opía [2122-99-08] | 42,13 | 2,04 | Cuenca moderadamente drenada | 20,45 | 1,14 | 11 | 0,53 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.4 Patrón de drenaje

Los patrones de drenaje están relacionados con la forma que toman los cauces al ser vistos en planimetría. Esta a su vez (la forma) es el producto de las condiciones del medio en el que corre el cuerpo de agua, entre ellas se puede encontrar la litología, el suelo, la pendiente y la pluviosidad. En la Tabla 5.1-81 se presentan los patrones de drenaje encontrados en las unidades hidrográficas delimitadas en el área de influencia. Predomina el patrón de drenaje paralelo, con algunos casos de drenaje subparalelo. Esto se debe a que la red de drenaje está gobernada por los rasgos geomorfológicos asociados con el abanico aluvial de Ibagué.

Tabla 5.1-81 Patrones de drenaje en el área de estudio

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-----------------------|------------|-------------------|--|
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | Paralelo |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|---------------------|------------|-------------------|---|
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | Paralelo |  |

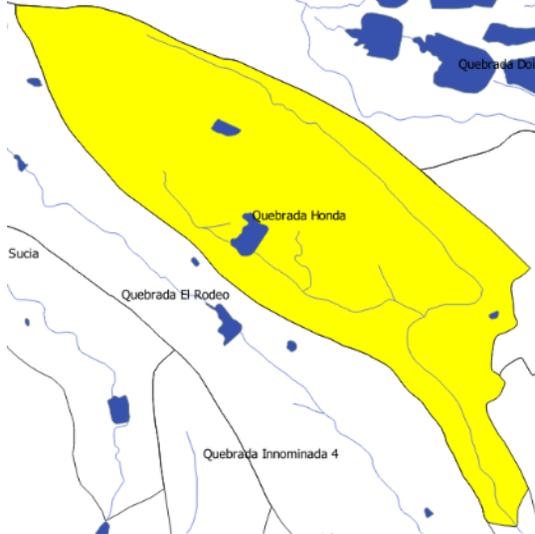
Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-----------------------|------------|-------------------|--|
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | Paralelo |  <p>Quebrada Innominada 4</p> |

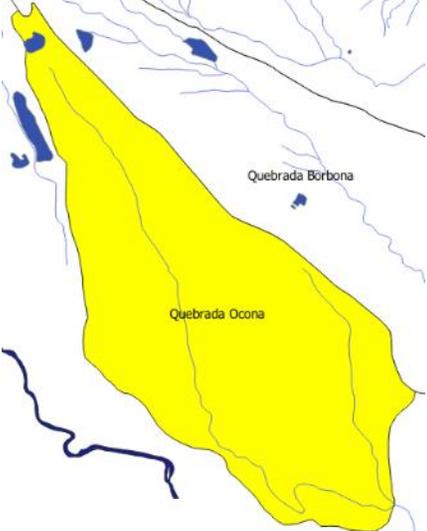
Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-------------------|------------|-------------------|----------------|
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | Paralelo | |

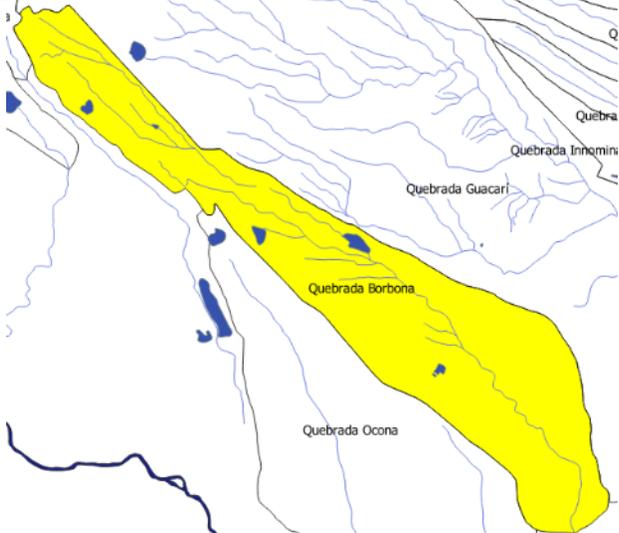
Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-------------------|------------|-------------------|---|
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | Paralelo |  |

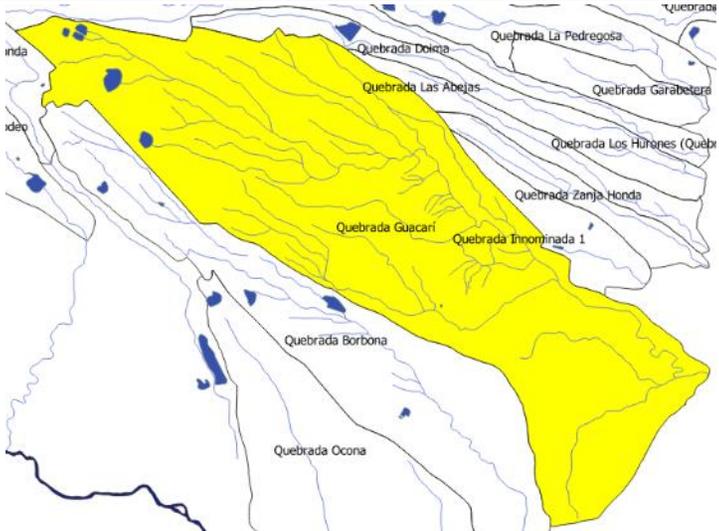
Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-------------------|------------|-------------------|---|
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | Paralelo |  |

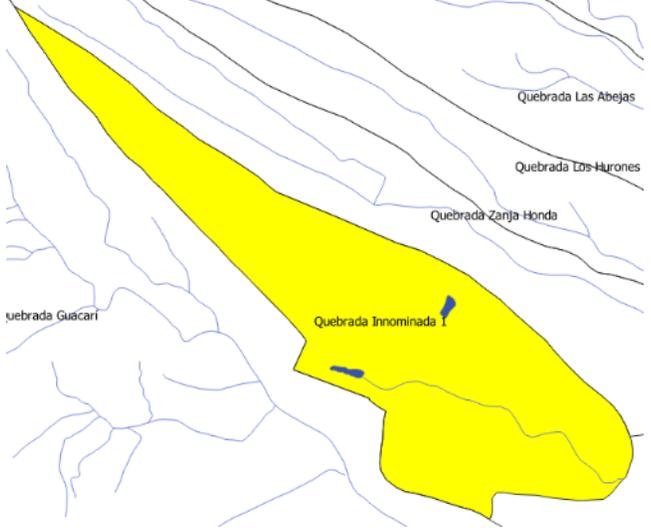
Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-------------------|------------|-------------------|---|
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | Paralelo |  |

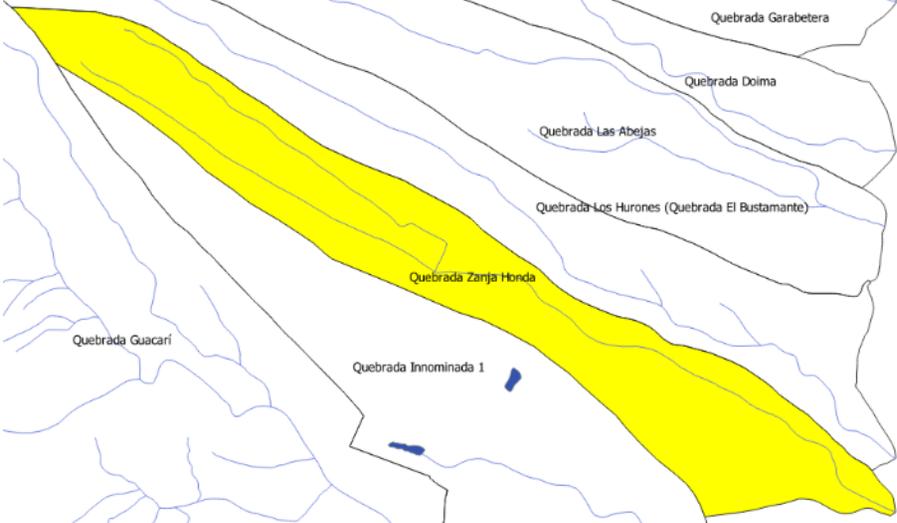
Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-------------------|------------|-------------------|--|
| Quebrada Guacari | 2121-99-08 | Subparalelo |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-----------------------|------------|-------------------|--|
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | Paralelo |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|----------------------|------------|-------------------|--|
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | Paralelo |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|---|------------|-------------------|----------------|
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | Paralelo | |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | Paralelo | |

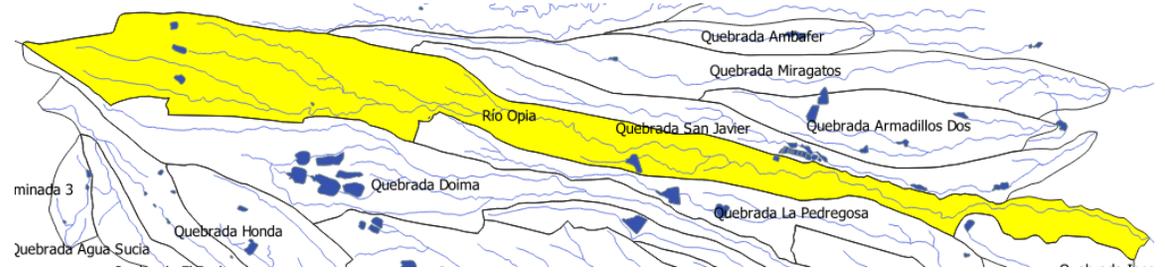
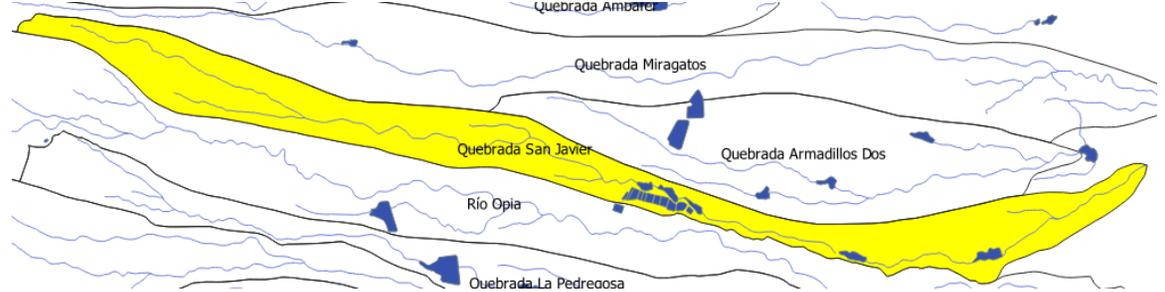
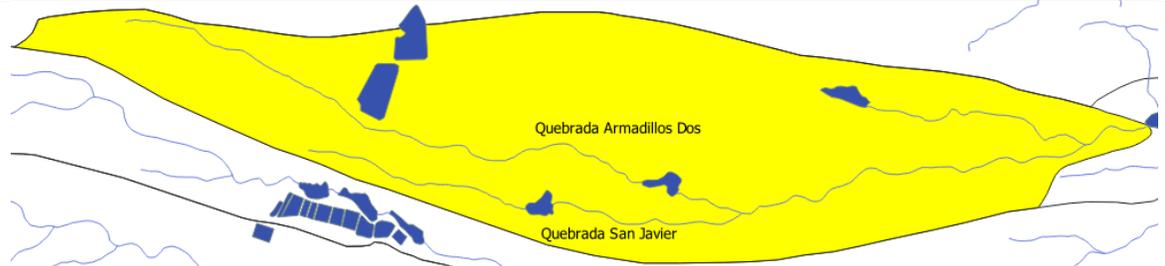
Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|---------------------|------------|-------------------|----------------|
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | Paralelo | |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | Paralelo | |

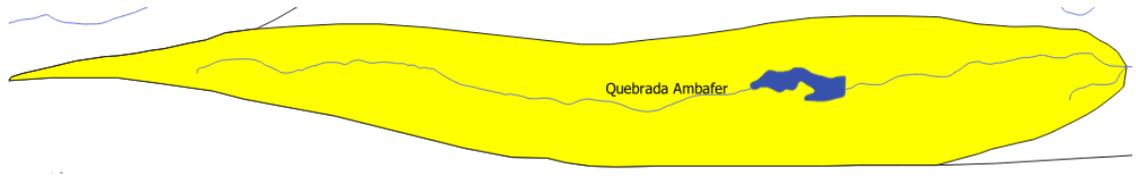
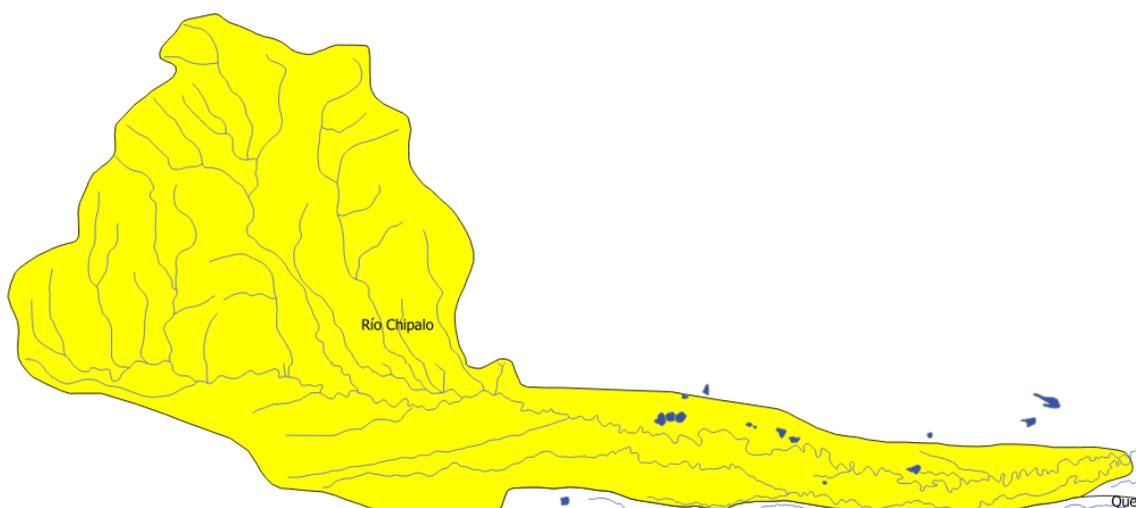
Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-----------------------|------------|-------------------|----------------|
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | Paralelo | |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | Paralelo | |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-------------------------|------------|-------------------|--|
| Río Opia | 2122-99-08 | Paralelo |  |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | Paralelo |  |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | Paralelo |  |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | Paralelo |  |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | PATRÓN DE DRENAJE | RED DE DRENAJE |
|-------------------|------------|-------------------|---|
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | Paralelo |  |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | Subparalelo |  |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.5 Clasificación hidrológica de las corrientes según su temporalidad

Las corrientes superficiales se clasifican de diversas maneras, entre ellas el tiempo en el que transportan agua a lo largo del año. Esta clasificación presenta de manera indirecta la relación entre las corrientes superficiales y el agua subterránea. A continuación, se describen las clases de corrientes según su temporalidad.

5.1.6.5.1 Permanentes

Son corrientes que transportan agua en toda época del año. Esto indica que son cuerpos de agua que reciben aportes tanto superficiales por escorrentía, como subterráneos a través de flujo base. Su sostenibilidad en temporadas de estiaje depende del aporte de los acuíferos con los que se encuentra conectada la fuente superficial.

Los cuerpos lóticos permanentes en el área de estudio son: Quebrada Armadillo 2, Quebrada Doima, Quebrada El Rodeo, Quebrada Guacarí, Quebrada Honda, Quebrada La Perica y Río Opía.

5.1.6.5.2 Intermitentes

Son corrientes que transportan agua en toda la duración de las temporadas húmedas, pero una vez termina la temporada y entran los meses de pocas lluvias, el curso de agua disminuye su caudal y termina por secarse y transportar agua únicamente ante eventos de precipitación – escorrentía.

En el área de estudio los cuerpos lóticos intermitentes son: Quebrada Guacarí, Quebrada Miragatos, Quebrada San Javier y Quebrada Zanja Honda.

5.1.6.5.3 Efímeros

Son cauces conformados por escorrentía desconectados de cuerpos de agua subterránea. Es decir, son únicamente depresiones en el terreno que por efecto de las geoformas o de la erosión, conducen la escorrentía superficial generada ante eventos de precipitación.

En el área de estudio son efímeros todos aquellos cuerpos de agua menores conformados por escorrentías que aportan a los cuerpos de agua intermitente y permanente.

5.1.6.6 Caracterización régimen hidrológico

Se consultó la información de precipitación diaria entre 2001 – 2020 en las treinta y dos (32) estaciones que se muestran en la **Tabla 5.1-82**, para un total de treinta y dos (32) series consultadas.

Tabla 5.1-82 Estaciones de precipitación utilizadas

| NOMBRE | CÓDIGO | CATEGORÍA | ESTE [m]* | NORTE [m]* | ALTITUD [msnm] |
|---------------------|----------|-------------------------|------------|------------|----------------|
| ACEITUNO EL | 21220050 | Pluviométrica | 4772243,72 | 2039362,53 | 680 |
| ANZOÁTEGUI | 21240070 | Pluviométrica | 4768233,32 | 2070780,61 | 1,814 |
| APTO PERALES | 21245040 | Sinóptica secundaria | 4762681,23 | 2047205,78 | 943 |
| BATALLÓN ROOKE | 21215180 | Climatológica principal | 4750554,5 | 2046605,79 | 1,323 |
| BUENOS AIRES | 21210200 | Pluviométrica | 4769975,34 | 2037344,78 | 728 |
| CAJAMARCA | 21215100 | Climatológica ordinaria | 4731037,18 | 2049223,05 | 1,92 |
| CAJAMARCA AUTOM | 21215190 | Climatológica principal | 4722623,62 | 2048605,91 | 2,53 |
| CASCADA LA | 21210150 | Pluviométrica | 4717907,96 | 2031890,37 | 3,28 |
| CERROS NOROCCIDENTE | 21215160 | Climatológica principal | 4751105,3 | 2052351,1 | 1,946 |
| CHICORAL | 21215080 | Climatológica ordinaria | 4778611,53 | 2025866,4 | 432 |
| CRUZ ROJA | 21210230 | Pluviométrica | 4755099,39 | 2047845,35 | 1,176 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| NOMBRE | CÓDIGO | CATEGORÍA | ESTE [m]* | NORTE [m]* | ALTITUD [msnm] |
|-------------------|----------|-------------------------|------------|------------|----------------|
| CUCUANA HDA | 21215130 | Climatológica ordinaria | 4720565,76 | 2038185,78 | 2,229 |
| DARIÉN EL | 21210160 | Pluviográfica | 4744398,91 | 2051963,32 | 1,92 |
| DELICIAS LAS | 21210130 | Pluviométrica | 4721338,76 | 2042490,43 | 2,095 |
| ESMERALDA LA | 21210120 | Pluviográfica | 4751605,49 | 2054622,56 | 1,965 |
| GUAYABOS LOS | 22050100 | Pluviométrica | 4767469,14 | 2072889,8 | 330 |
| INTERLAKEN | 21210240 | Pluviométrica | 4753675,31 | 2046888,21 | 1,174 |
| JUNTAS LAS | 21210020 | Pluviográfica | 4742503,7 | 2061881,91 | 1,765 |
| NARIÑO RADIO | 21230110 | Pluviométrica | 4796077,26 | 2043096,6 | 277 |
| NEV DEL TOLIMA | 21215150 | Climatológica principal | 4741863,84 | 2074542,87 | 4,635 |
| PALMAR EL | 21210220 | Pluviográfica | 4742065,24 | 2064515,85 | 2,2 |
| PALOGRADE HDA | 21210170 | Pluviométrica | 4733578,97 | 2037092,85 | 2,212 |
| PASTALES | 21210030 | Pluviográfica | 4744796,62 | 2056870,7 | 1,602 |
| PERALES HATO OPIA | 21245010 | Climatológica ordinaria | 4755901,52 | 2047836,82 | 826 |
| PIEDRAS | 21220040 | Pluviométrica | 4791441,11 | 2059408,77 | 384 |
| PLACER EL | 21210110 | Pluviográfica | 4747346,33 | 2057956,2 | 2,17 |
| PLAN EL | 21210140 | Pluviométrica | 4722992,89 | 2042862,78 | 3,088 |
| SAN JUAN DE CHINA | 21240030 | Pluviométrica | 4769823,82 | 2060266,03 | 1,98 |
| SECRETO EL | 21210080 | Pluviográfica | 4745999,21 | 2055011,6 | 1,482 |
| SILENCIO EL | 21210260 | Pluviográfica | 4735685,61 | 2070422,6 | 2,5 |
| STA ISABEL | 21255110 | Climatológica ordinaria | 4763613,71 | 2077898,51 | 2,817 |
| TOCHE | 21210180 | Pluviográfica | 4732702,74 | 2057843,71 | 1,991 |

*Sistema de coordenadas CTM12. Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Se consultó y solicitó información de temperaturas diarias mínima, media y máxima entre 2001 – 2020 en las cinco (5) estaciones que se muestran en la Tabla 5.1-83, para un total de quince (15) series consultadas y solicitadas.

Tabla 5.1-83 Estaciones de temperatura utilizadas

| NOMBRE | CÓDIGO | CATEGORÍA | ESTE [m]* | NORTE [m]* | ALTITUD [msnm] |
|-------------------|----------|-------------------------|------------|------------|----------------|
| APTO PERALES | 21245040 | Sinóptica secundaria | 4762681,23 | 2047205,78 | 943 |
| CHICORAL | 21215080 | Climatológica ordinaria | 4778611,53 | 2025866,4 | 432 |
| CUCUANA HDA | 21215130 | Climatológica ordinaria | 4720565,76 | 2038185,78 | 2,229 |
| PERALES HATO OPIA | 21245010 | Climatológica ordinaria | 4755901,52 | 2047836,82 | 826 |
| STA ISABEL | 21255110 | Climatológica ordinaria | 4763613,71 | 2077898,51 | 2,817 |

*Sistema de coordenadas CTM12. Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.1 Análisis estadístico de la información hidroclimatológica usada en el estudio

Se aplicó este análisis a la información obtenida del IDEAM. Para las series de caudal diario mínimo, medio y máximo (ver series en la Tabla 5.1-84), precipitación diaria (ver series en la Tabla 5.1-85), temperatura diaria mínima y máxima la información se descargó del aplicativo DHIME⁴ del IDEAM, el cual sirve para la consulta y descarga de información hidrometeorológica de Colombia. La serie de temperatura anual media (ver serie en la Tabla 5.1-86) se recibió como respuesta a una petición realizada por PQRS al IDEAM. Todos los cálculos hidrológicos y la información obtenida del IDEAM se presentan en los libros de Excel® en el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrología - Tratamiento Estadístico de Información. A continuación, se presentan los análisis estadísticos realizados para verificar la aplicabilidad de la información disponible.

⁴ Aplicativo DHIME se encuentra en la dirección: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

5.1.6.6.1.1 Extensión y actualidad de la serie de datos hidrológicos

La información obtenida del IDEAM fue tabulada y se tomaron las fechas de inicio y fin de cada serie de tiempo. En la Tabla 5.1-84 se presentan los periodos de información disponible para las series de caudal, en la Tabla 5.1-85 se muestra lo correspondiente a las series de precipitación, y en la Tabla 5.1-86 se encuentra lo referente a las series de temperatura.

Como se observa en la Tabla 5.1-84, las doce (12) series de caudal consultadas tienen datos en el periodo de tiempo de interés.

Tabla 5.1-84 Periodo de tiempo con información de las estaciones limnigráficas de caudal

| NOMBRE | CÓDIGO | CATEGORÍA | CORRIENTE | SERIE | PERIODO [DD/MM/AAAA] |
|------------------|--------------|--------------|-----------|---------------|---------------------------|
| BOCATOMA | 2121725 0 | Limnigráfica | QDA CAY | Caudal mínimo | 1/01/1991 - 30/04/2018 |
| | | Limnigráfica | | Caudal medio | |
| | | Limnigráfica | | Caudal máximo | |
| MONTEZUMA | 2121718 0 | Limnigráfica | COMBEIMA | Caudal mínimo | 1/01/1991 - 31/12/2020 |
| | | Limnigráfica | | Caudal medio | |
| | | Limnigráfica | | Caudal máximo | |
| PIEDRAS | 2122701 0 | Limnigráfica | OPIA | Caudal mínimo | 1/01/1991 - 24/03/2020 |
| | | Limnigráfica | | Caudal medio | |
| | | Limnigráfica | | Caudal máximo | |
| PTE CARRETERA | 2121712 0 | Limnigráfica | COELLO | Caudal mínimo | 1/01/1991 - 31/12/2020 |
| | | Limnigráfica | | Caudal medio | |
| | | Limnigráfica | | Caudal máximo | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME5 del IDEAM (2021).

⁵ Aplicativo DHIME se encuentra en la dirección: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

Ibagué y Piedras (Tolima)

En cuanto a la precipitación, de las treinta y dos (32) series consultadas, las correspondientes a las estaciones BATALLÓN ROOKE [21215180], CAJAMARCA AUTOM [21215190], CERROS NOROCCIDENT [21215160], NARIÑO RADIO [21230110], NEV DEL TOLIMA [21215150] y PIEDRAS [21220040] no tienen datos para el periodo de tiempo de interés, por esto no se muestran en la Tabla 5.1-85 y quedan veintiséis (26) series de precipitación en el análisis.

Tabla 5.1-85 Periodo de tiempo con información de las estaciones de precipitación

| NOMBRE | CÓDIGO | CATEGORÍA | SERIE | PERIODO [DD/MM/AAAA] |
|--------------|--------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ACEITUNO EL | 2122005 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| ANZOÁTEGUI | 2124007 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 4/10/2020 |
| APTO PERALES | 2124504 0 | Sinóptica secundaria | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 30/12/2020 |
| BUENOS AIRES | 2121020 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| CAJAMARCA | 2121510 0 | Climatológica ordinaria | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 30/03/2011 |
| CASCADA LA | 2121015 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 30/09/2020 |
| CHICORAL | 2121508 0 | Climatológica ordinaria | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| CRUZ ROJA | 2121023 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| CUCUANA HDA | 2121513 0 | Climatológica ordinaria | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 26/11/2020 |
| DARIÉN EL | 2121016 0 | Pluviográfica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 27/02/2011 |
| DELICIAS LAS | 2121013 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/05/2020 |
| ESMERALDA LA | 2121012 0 | Pluviográfica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 30/11/2020 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| NOMBRE | CÓDIGO | CATEGORÍA | SERIE | PERIODO [DD/MM/AAAA] |
|----------------------|--------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| GUAYABOS LOS | 2205010 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| INTERLAKEN | 2121024 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| JUNTAS LAS | 2121002 0 | Pluviográfica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 30/12/2020 |
| PALMAR EL | 2121022 0 | Pluviográfica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| PALOGRANDE HDA | 2121017 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 30/11/2019 |
| PASTALES | 2121003 0 | Pluviográfica | Precipitación diaria | 1/02/2001 - 30/09/2020 |
| PERALES HATO OPIA | 2124501 0 | Climatológica ordinaria | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| PLACER EL | 2121011 0 | Pluviográfica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 30/09/2020 |
| PLAN EL | 2121014 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 30/10/2020 |
| SAN JUAN DE CHINA | 2124003 0 | Pluviométrica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/05/2020 |
| SECRETO EL | 2121008 0 | Pluviográfica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| SILENCIO EL | 2121026 0 | Pluviográfica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/08/2020 |
| STA ISABEL | 2125511 0 | Climatológica ordinaria | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 30/07/2019 |
| TOCHE | 2121018 0 | Pluviográfica | Precipitación diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME6 del IDEAM (2021).

⁶ Aplicativo DHIME se encuentra en la dirección: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

Finalmente, para la temperatura como se observa en la Tabla 5.1-86, se obtuvieron quince (15) series entre la información descargada del aplicativo DHIME (temperatura mínima diaria y máxima diaria) y la información recibida de la petición por PQRS al IDEAM (temperatura húmeda media anual).

Tabla 5.1-86 Periodo de tiempo con información de las estaciones de temperatura

| NOMBRE | CÓDIGO | CATEGORÍA | SERIE | PERIODO [DD/MM/AAAA] |
|-------------------|----------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| APTO PERALES | 21245040 | Sinóptica secundaria | Temperatura máxima diaria | 1/01/2001 -23/03/2020 |
| | | | Temperatura mínima diaria | 1/01/2001 - 23/03/2020 |
| | | | Temperatura húmeda media anual | 1/01/2001 - 1/01/2019 |
| CHICORAL | 21215080 | Climatológica ordinaria | Temperatura máxima diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| | | | Temperatura mínima diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| | | | Temperatura húmeda media anual | 1/01/2001 - 1/01/2020 |
| CUCUANA HDA | 21215130 | Climatológica ordinaria | Temperatura máxima diaria | 26/10/2004 - 26/11/2020 |
| | | | Temperatura mínima diaria | 26/10/2004 - 25/11/2020 |
| | | | Temperatura húmeda media anual | 1/01/2001 - 1/01/2020 |
| PERALES HATO OPIA | 21245010 | Climatológica ordinaria | Temperatura máxima diaria | 1/01/2001 - 31/12/2020 |
| | | | Temperatura mínima diaria | 2/03/2001 - 31/12/2020 |
| | | | Temperatura húmeda media anual | 1/01/2001 - 1/01/2020 |
| STA ISABEL | 21255110 | Climatológica ordinaria | Temperatura máxima diaria | 1/01/2001 - 31/07/2019 |
| | | | Temperatura mínima diaria | 3/01/2001 - 31/12/2020 |
| | | | Temperatura húmeda media anual | 1/01/2001 - 1/01/2018 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME7 del IDEAM (2021).

5.1.6.6.1.2 Completitud de datos

⁷ Aplicativo DHIME se encuentra en la dirección: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

La completitud de los datos usados se verifica a fin de que haya suficientes mediciones para representar la variabilidad hidroclimatológica del área de estudio. Debido a diferencias en la completitud de la información entre las series de caudal, y las series de precipitación y temperatura, en cada caso se definió un valor diferente de porcentaje de datos faltantes.

En el caso de las series de caudal se verificó que tuvieran una proporción de datos faltantes menor que 20 % dada la baja cantidad de estaciones disponibles. En la Tabla 5.1-87 se presenta el cálculo de completitud de las doce (12) series de caudal disponibles.

Tabla 5.1-87 Cálculo de la completitud de las series de caudal disponibles

| ESTACIÓN | SERIE CAUDAL | PERIODO | DATOS | | | |
|-----------------------------------|---------------|-----------|-----------|-------------|-----------|---------------|
| | | | Esperados | Disponibles | Faltantes | Faltantes [%] |
| BOCATOMA [21217250] | Máximo diario | 1991-2018 | 10227 | 9664 | 563 | 6 |
| | Medio diario | 1991-2018 | 10227 | 9677 | 550 | 5,38 |
| | Mínimo diario | 1991-2018 | 10227 | 9664 | 563 | 6 |
| MONTEZUMA [21217180] | Máximo diario | 1991-2018 | 10227 | 10196 | 31 | 0 |
| | Medio diario | 1991-2018 | 10227 | 9833 | 394 | 3,85 |
| | Mínimo diario | 1991-2018 | 10227 | 10196 | 31 | 0 |
| PIEDRAS - AUT [21227010] | Máximo diario | 1991-2018 | 10227 | 9149 | 1078 | 11 |
| | Medio diario | 1991-2018 | 10227 | 8560 | 1667 | 16,30 |
| | Mínimo diario | 1991-2018 | 10227 | 9149 | 1078 | 11 |
| PUENTE CARRETERA [21217120] | Máximo diario | 1991-2018 | 10227 | 9225 | 1002 | 10 |
| | Medio diario | 1991-2018 | 10227 | 8384 | 1843 | 18,02 |
| | Mínimo diario | 1991-2018 | 10227 | 9225 | 1002 | 10 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME8 del IDEAM (2021).

En el caso de las series de precipitación se corroboró que la cantidad de datos faltantes fuera menor que el 12 %. En la Tabla 5.1-88 se muestra el cálculo de completitud de las veintiséis (26) series de precipitación disponibles, como se aprecia en la Tabla 5.1-88,

⁸ Aplicativo DHIME se encuentra en la dirección: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

diez (10) series correspondientes a las estaciones CAJAMARCA [21215100], CASCADA LA [21210150], CRUZ ROJA [21210230], DARIÉN EL [21210160], DELICIAS LAS [21210130], ESMERALDA LA [21210120], PALOGRANDE HACIENDA [21210170], PASTALES [21210030], PLAN EL [21210140], SANTA ISABEL [21255110] y SILENCIO EL [21210260], cuentan con más del 12 % de datos faltantes, por lo que se excluyen del estudio y quedan dieciséis (16) series en el estudio, las cuales se observan en negrita.

Tabla 5.1-88 Cálculo de la completitud de las series de precipitación diarias disponibles

| ESTACIÓN | PERIODO | DATOS | | | |
|--------------------------------------|------------------|-------------|-------------|------------|---------------|
| | | Esperados | Disponibles | Faltantes | Faltantes [%] |
| ACEITUNO EL [21220050] | 2001-2020 | 7305 | 6957 | 348 | 4,76 |
| AEROPUERTO PERALES [21245040] | 2001-2020 | 7305 | 7026 | 279 | 3,82 |
| ANZOÁTEGUI [21240070] | 2001-2020 | 7305 | 6631 | 674 | 9,23 |
| BUENOS AIRES [21210200] | 2001-2020 | 7305 | 7191 | 114 | 1,56 |
| CAJAMARCA [21215100] | 2001-2020 | 7305 | 3425 | 3880 | 53,11 |
| CASCADA LA [21210150] | 2001-2020 | 7305 | 3573 | 3732 | 51,09 |
| CHICORAL [21215080] | 2001-2020 | 7305 | 6998 | 307 | 4,20 |
| CRUZ ROJA [21210230] | 2001-2020 | 7305 | 6021 | 1284 | 17,58 |
| CUCUANA HACIENDA [21215130] | 2001-2020 | 7305 | 7180 | 125 | 1,71 |
| DARIÉN EL [21210160] | 2001-2020 | 7305 | 3473 | 3832 | 52,46 |
| DELICIAS LAS [21210130] | 2001-2020 | 7305 | 6304 | 1001 | 13,70 |
| ESMERALDA LA [21210120] | 2001-2020 | 7305 | 6389 | 916 | 12,54 |

| ESTACIÓN | PERIODO | DATOS | | | |
|-------------------------------------|------------------|-------------|-------------|------------|---------------|
| | | Esperados | Disponibles | Faltantes | Faltantes [%] |
| GUAYABOS LOS [22050100] | 2001-2020 | 7305 | 6905 | 400 | 5,48 |
| INTERLAKEN [21210240] | 2001-2020 | 7305 | 6576 | 729 | 9,98 |
| JUNTAS LAS [21210020] | 2001-2020 | 7305 | 6959 | 346 | 4,74 |
| PALMAR EL [21210220] | 2001-2020 | 7305 | 6964 | 341 | 4,67 |
| PALOGRANDE HACIENDA [21210170] | 2001-2020 | 7305 | 5765 | 1540 | 21,08 |
| PASTALES [21210030] | 2001-2020 | 7305 | 6391 | 914 | 12,51 |
| PERALES HATO OPIA [21245010] | 2001-2020 | 7305 | 7161 | 144 | 1,97 |
| PLACER EL [21210110] | 2001-2020 | 7305 | 7044 | 261 | 3,57 |
| PLAN EL [21210140] | 2001-2020 | 7305 | 6250 | 1055 | 14,44 |
| SAN JUAN DE CHINA [21240030] | 2001-2020 | 7305 | 6993 | 312 | 4,27 |
| SANTA ISABEL [21255110] | 2001-2020 | 7305 | 6460 | 845 | 11,57 |
| SECRETO EL [21210080] | 2001-2020 | 7305 | 6582 | 723 | 9,90 |
| SILENCIO EL [21210260] | 2001-2020 | 7305 | 5571 | 1734 | 23,74 |
| TOCHE [21210180] | 2001-2020 | 7305 | 6969 | 336 | 4,60 |

En negrita series que se emplean en el estudio por tener menos del 12 % de datos faltantes. Fuente:

OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME9 del IDEAM (2021).

⁹ Aplicativo DHIME se encuentra en la dirección: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

Para las series de temperatura se consideró hasta el 12 % de datos faltantes. En la Tabla 5.1-89 está el cálculo de completitud de las quince (15) series de temperatura disponibles, de acuerdo con esta información, once (11) series tienen porcentajes de datos faltantes mayores a 12 %, por lo que se excluyen del estudio. Adicionalmente, la temperatura húmeda media anual de la estación CUCUANA HACIENDA [21215130]) no tiene datos faltantes, pero los valores de temperatura son muy bajos con respecto a lo registrado en el área de estudio (debido a la alta elevación donde localiza la estación), y por esto se excluye del estudio. De esta forma queda una serie de temperatura mínima diaria (AEROPUERTO PERALES), una serie de temperatura media anual (CHICORAL) y una serie de temperatura máxima diaria (AEROPUERTO PERALES) a emplearse en el estudio.

Tabla 5.1-89 Cálculo de la completitud de las series de temperatura disponibles

| ESTACIÓN | SERIE | PERIODO | DATOS | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|---------------|
| | | | Esperados | Disponibles | Faltantes | Faltantes [%] |
| AEROPUERTO PERALES [21245040] | Temperatura máxima diaria | 2001-2020 | 7305 | 6955 | 350 | 4,8 |
| AEROPUERTO PERALES [21245040] | Temperatura mínima diaria | 2001-2020 | 7305 | 6439 | 866 | 11,9 |
| AEROPUERTO PERALES [21245040] | Temperatura húmeda media anual | 2001-2020 | 20 | 17 | 3 | 15,0 |
| CHICORAL [21215080] | Temperatura máxima diaria | 2001-2020 | 7305 | 6249 | 1056 | 14,5 |
| CHICORAL [21215080] | Temperatura mínima diaria | 2001-2020 | 7305 | 4430 | 2875 | 39,4 |
| CHICORAL [21215080] | Temperatura húmeda media anual | 2001-2020 | 20 | 19 | 1 | 5,0 |
| CUCUANA HACIENDA [21215130] | Temperatura máxima diaria | 2001-2020 | 7305 | 5398 | 1907 | 26,1 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| ESTACIÓN | SERIE | PERIODO | DATOS | | | |
|------------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|---------------|
| | | | Esperados | Disponibles | Faltantes | Faltantes [%] |
| CUCUANA HACIENDA [21215130] | Temperatura mínima diaria | 2001-2020 | 7305 | 3983 | 3322 | 45,5 |
| CUCUANA HACIENDA [21215130] | Temperatura húmeda media anual | 2001-2020 | 20 | 20 | 0 | 0,0 |
| PERALES HATO OPIA [21245010] | Temperatura máxima diaria | 2001-2020 | 7305 | 3060 | 4245 | 58,1 |
| PERALES HATO OPIA [21245010] | Temperatura mínima diaria | 2001-2020 | 7305 | 4670 | 2635 | 36,1 |
| PERALES HATO OPIA [21245010] | Temperatura húmeda media anual | 2001-2020 | 20 | 16 | 4 | 20,0 |
| SANTA ISABEL [21255110] | Temperatura máxima diaria | 2001-2020 | 7305 | 4730 | 2575 | 35,2 |
| SANTA ISABEL [21255110] | Temperatura mínima diaria | 2001-2020 | 7305 | 4389 | 2916 | 39,9 |
| SANTA ISABEL [21255110] | Temperatura húmeda media anual | 2001-2020 | 20 | 12 | 8 | 40,0 |

En negrita series que se emplean en el estudio por tener menos del 12 % de datos faltantes. Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME10 del IDEAM (2021).

5.1.6.6.1.3 Análisis de consistencia y llenado de datos

La consistencia de una serie de datos corresponde a la no existencia de saltos abruptos en la información, tendencias relacionadas con errores sistemáticos de la toma de datos y valores extremos que no concuerdan con la realidad, que se deben a fallas de medición o del proceso entre la captura y la publicación de la información oficial. Para verificar la consistencia de las series de caudales, precipitación y temperatura a usar en el proyecto

¹⁰ Aplicativo DHIME se encuentra en la dirección: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

se utilizaron métodos gráficos para evidenciar saltos abruptos y/o valores extremos en la información, los cuales se contextualizaron en el marco macroclimático y las tendencias de distribución de datos de cada estación, los datos inconsistentes fueron eliminados y posteriormente se procedió al llenado de datos (los datos llenados se encuentran en el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrología - Tratamiento Estadístico de Información).

Es de anotar que se consultó el índice ONI (Tabla 5.1-90) para definir si las variaciones extraordinarias de los datos encontradas en algunas series reflejan posibles eventos macroclimáticos Niño o Niña. El Índice Oceánico del Niño – ONI (por sus siglas en inglés), es una media móvil de 3 meses sobre las anomalías de temperatura en las regiones 3.4 de El Niño (Poveda, y otros, 2002)¹¹. Una anomalía positiva de superior de +0.5 °C sostenida por más de cinco meses seguidos configura un evento Niño, mientras que una anomalía negativa superior de -0.5 °C sostenida por cinco meses seguidos configura un evento Niña.

Tabla 5.1-90 Valores del índice ONI entre 1991 y 2020

| AÑO | DEF | EFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDE |
|----------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|------|------|----------------------------|------|------|------|------|
| Valores ≥ 0.5 El Niño | | | Valores $> -0.5 < 0.5$ Neutral | | | | | Valores ≤ 0.5 La Niña | | | | |
| 1991 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 1.2 | 1.5 |
| 1992 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 0.7 | 0.4 | 0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.1 |
| 1993 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| 1994 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 1.1 |
| 1995 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.0 | -0.2 | -0.5 | -0.8 | -1.0 | -1.0 | -1.0 |
| 1996 | -0.9 | -0.8 | -0.6 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.5 |
| 1997 | -0.5 | -0.4 | -0.1 | 0.3 | 0.8 | 1.2 | 1.6 | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.4 | 2.4 |
| 1998 | 2.2 | 1.9 | 1.4 | 1.0 | 0.5 | -0.1 | -0.8 | -1.1 | -1.3 | -1.4 | -1.5 | -1.6 |
| 1999 | -1.5 | -1.3 | -1.1 | -1.0 | -1.0 | -1.0 | -1.1 | -1.1 | -1.2 | -1.3 | -1.5 | -1.7 |
| 2000 | -1.7 | -1.4 | -1.1 | -0.8 | -0.7 | -0.6 | -0.6 | -0.5 | -0.5 | -0.6 | -0.7 | -0.7 |

¹¹ Poveda, G., Vélez, J., Mesa, O., Hoyos, C., Mejía, J., Barco, O., & Correa, P. (2002). Influencia de fenómenos macroclimáticos sobre el ciclo anual de la hidrología colombiana: cuantificación lineal, no lineal y percentiles probabilísticos. Meteorología Colombiana, 1-10.

Ibagué y Piedras (Tolima)

| AÑO | DEF | EFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDE |
|----------------------------|------|------|--------------------------------|------|------|------|------|----------------------------|------|------|------|------|
| Valores ≥ 0.5 El Niño | | | Valores $> -0.5 < 0.5$ Neutral | | | | | Valores ≤ 0.5 La Niña | | | | |
| 2001 | -0.7 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.3 |
| 2002 | -0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.1 |
| 2003 | 0.9 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | -0.3 | -0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 |
| 2004 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 2005 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.3 | -0.6 | -0.8 |
| 2006 | -0.9 | -0.8 | -0.6 | -0.4 | -0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.9 |
| 2007 | 0.7 | 0.2 | -0.1 | -0.3 | -0.4 | -0.5 | -0.6 | -0.8 | -1.1 | -1.3 | -1.5 | -1.6 |
| 2008 | -1.6 | -1.5 | -1.3 | -1.0 | -0.8 | -0.6 | -0.4 | -0.2 | -0.2 | -0.4 | -0.6 | -0.7 |
| 2009 | -0.8 | -0.8 | -0.6 | -0.3 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 1.6 |
| 2010 | 1.5 | 1.2 | 0.8 | 0.4 | -0.2 | -0.7 | -1.0 | -1.3 | -1.6 | -1.6 | -1.6 | -1.6 |
| 2011 | -1.4 | -1.2 | -0.9 | -0.7 | -0.6 | -0.4 | -0.5 | -0.6 | -0.8 | -1.0 | -1.1 | -1.0 |
| 2012 | -0.9 | -0.7 | -0.6 | -0.5 | -0.3 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | -0.2 |
| 2013 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.2 | -0.3 |
| 2014 | -0.4 | -0.5 | -0.3 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| 2015 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.6 |
| 2016 | 2.5 | 2.1 | 1.6 | 0.9 | 0.4 | -0.1 | -0.4 | -0.5 | -0.6 | -0.7 | -0.7 | -0.6 |
| 2017 | -0.3 | -0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | -0.1 | -0.4 | -0.7 | -0.8 | -1.0 |
| 2018 | -0.9 | -0.9 | -0.7 | -0.5 | -0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.8 |
| 2019 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.5 |
| 2020 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | -0.1 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | -0.9 | -1.2 | -1.3 | -1.2 |

Fuente: (National Weather Service. Climate Prediction Center., s.f.)¹².

A continuación se muestran algunos de los gráficos de series de caudal (ver Figura 5.1-180 y Figura 5.1-179), precipitación (ver Figura 5.1-182 y Figura 5.1-181) y temperatura (ver Figura 5.1-183 y Figura 5.1-185) elaborados.

Para las series de caudal, como se aprecia en la Tabla 5.1-91, se halló que de las doce (12) series de interés:

¹² National Weather Service. Climate Prediction Center. (s.f.). Recuperado el 2 de septiembre de 2021, de https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

- Cinco (5) no tienen valores anómalos y sus datos son consistentes, a saber: el caudal diario mínimo de la estación MONTEZUMA [21217180], los caudales diarios medio y máximo de la estación PIEDRAS - AUT [21227010], y los caudales diarios mínimo y medio de la estación PUENTE CARRETERA [21217120]. Como ejemplo de esto, en la **Figura 5.1-179** se muestran los valores de caudal diario medio de la estación PIEDRAS - AUT [21227010], los cuales fueron consistentes en el periodo de tiempo seleccionado.
- Siete (7) tienen valores extremos en algunas fechas:
- En cinco (5) de estas series (caudales diarios mínimo y máximo de la estación BOCATOMA [21217250], caudales diarios medio y máximo de la estación MONTEZUMA [21217180], y el caudal diario máximo de la estación PUENTE CARRETERA [21217120]) los valores extremos no son consistentes con el contexto climático y en consecuencia esos datos se eliminaron.
- En dos (2) de estas series (caudal diario medio de la estación BOCATOMA [21217250] y el caudal diario mínimo de la estación PIEDRAS - AUT [21227010]) los valores extremos son consistentes con el contexto climático. Como ejemplo, se observa en la **Figura 5.1-180** , en la estación BOCATOMA [21217250] se hallaron valores extremos (superiores a 4 m³/s) para los caudales diarios medios en mayo de 2008, octubre de 2008, abril de 2010, julio de 2010 y octubre de 2010. Estos valores se relacionan con el fenómeno macroclimático Niña que se presentó en esos periodos de tiempo.

Ibagué y Piedras (Tolima)

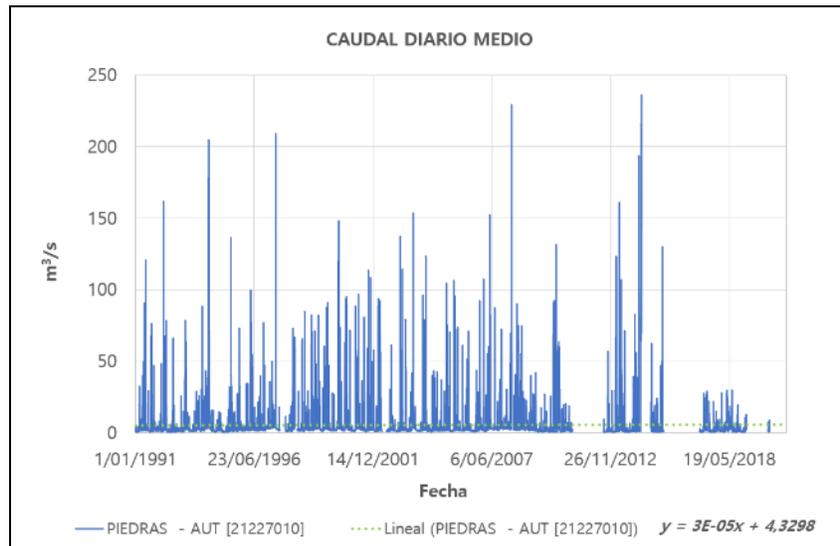


Figura 5.1-179 Caudales diarios medios de la estación PIEDRAS - AUT [21227010]

Fuente: Natura Medio Ambiente S.A.S, 2021 con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

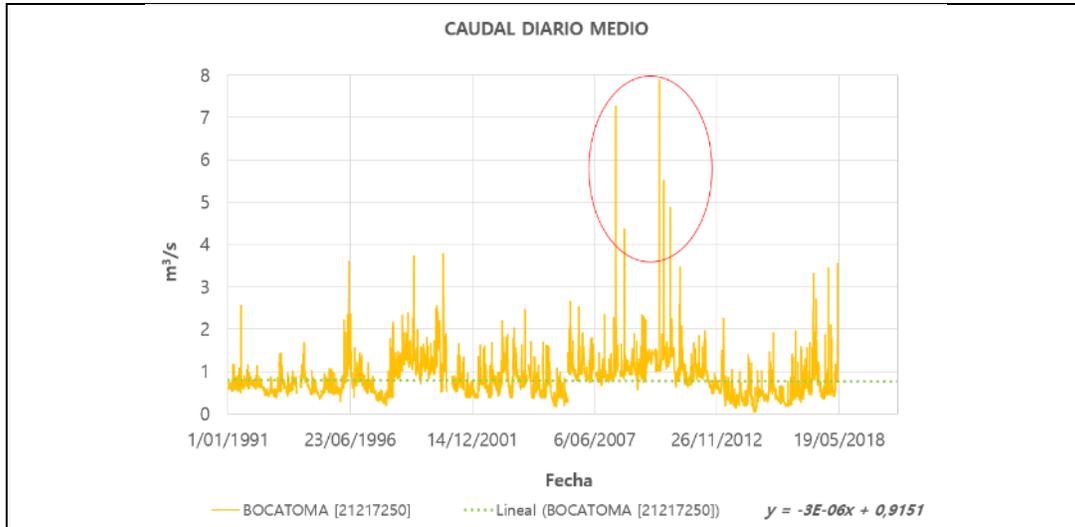


Figura 5.1-180 Caudales diarios medios de la estación BOCATOMA [21217250]

Fuente: Natura Medio Ambiente S.A.S, 2021 con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

Tabla 5.1-91 Análisis de consistencia de las series de caudal

| Estación | Serie | Hallazgos | Análisis |
|---------------------|----------------------|---|---|
| BOCATOMA [21217250] | Caudal diario mínimo | Se encontraron valores extremos (superiores a 10 m ³ /s) en diciembre de 2013, en abril de 2014, en mayo de 2014 y en junio de 2014. | Estos valores no son consistentes porque: No hay relación de los datos indicados con fenómenos macroclimáticos, dado que en esos periodos de tiempo no se reportaron fenómenos Niño o Niña. Tampoco se observa una tendencia creciente en los caudales de esos periodos de tiempo y además no hay relación con la serie de caudales medios de la misma estación, que para esas fechas no presenta valores extremos. Por lo anterior, los datos se consideran erróneos y en consecuencia se eliminan. |
| BOCATOMA [21217250] | Caudal diario medio | Se hallaron valores extremos (superiores a 4 m ³ /s) en mayo de 2008, octubre de 2008, abril de 2010, julio de 2010 y octubre de 2010. | Estos valores son consistentes porque: Se relacionan con el fenómeno macroclimático Niña que se presentó en esos periodos de tiempo. |
| BOCATOMA [21217250] | Caudal diario máximo | Hubo valores extremos (mayores a 20 m ³ /s) en abril a agosto de 2013, en diciembre de 2013, en abril a junio de 2014, en septiembre de 2014 y en diciembre de 2014. | Estos valores no son consistentes porque: En 2013 no se presentaron fenómenos macroclimáticos Niño o Niña, y en 2014 a partir de octubre se presentó un fenómeno Niño que usualmente implica disminución de |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Estación | Serie | Hallazgos | Análisis |
|----------------------|----------------------|--|---|
| | | | lluvias y caudales en el país. Adicionalmente, no se observa una tendencia creciente de los caudales en esos periodos de tiempo ni aumento en la serie de caudales medios de la misma estación. Así, estos datos se consideran inconsistentes y por esto se eliminan. |
| MONTEZUMA [21217180] | Caudal diario mínimo | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| MONTEZUMA [21217180] | Caudal diario medio | Se identifica que en julio de 2009 se reportó un valor extremo de caudal (mayor a 40 m ³ /s). | Estos valores no son consistentes porque: En el periodo de tiempo señalado no se presentó el fenómeno macroclimático Niña, que normalmente determina incrementos en las lluvias y caudales en Colombia y desde julio de 2009 hasta culminar el año hubo un fenómeno Niño, que usualmente corresponde en Colombia a periodos de lluvias y caudales inferiores a lo normal. Complementariamente, no se nota una tendencia creciente en los caudales para esas fechas, y al observar el comportamiento de los caudales mínimo y máximo en esta estación, se evidencia que solamente hubo incremento del caudal máximo en junio de 2009 sin una tendencia creciente, |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Estación | Serie | Hallazgos | Análisis |
|--------------------------|----------------------|---|---|
| | | | por lo que este valor extremo se considera inconsistente y por lo tanto se elimina el dato. |
| MONTEZUMA [21217180] | Caudal diario máximo | Se tienen valores extremos (superiores a 100 m ³ /s) en junio de 2009 y julio de 2009. | Estos valores no son consistentes porque: En junio de 2009 no hubo fenómeno Niña y en julio de 2009 ocurrió un fenómeno Niño que en el país se relaciona con disminuciones en las lluvias y caudales. Sumado a esto se identifica que aplica el mismo análisis indicado en la anterior celda para el caudal diario medio de esta estación, de modo que estos valores extremos son inconsistentes y por esto se eliminan. |
| PIEDRAS - AUT [21227010] | Caudal diario mínimo | Se encontraron valores extremos (superiores a 100 m ³ /s) en mayo de 2007, mayo de 2008, marzo de 2014, abril de 2014, mayo de 2014 y abril de 2015. | Estos valores son consistentes porque: Mayo de 2007 fue un mes sin fenómenos macroclimáticos, pero a partir de junio de 2007 hubo un fenómeno Niña que se extendió hasta junio de 2008, lo cual pudo incidir en los valores extremos de caudal mínimo evidenciados. De hecho, al comparar el comportamiento con los de los caudales medio y máximo en esta misma estación, es clara una tendencia |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Estación | Serie | Hallazgos | Análisis |
|-----------------------------|----------------------|--|---|
| | | | al aumento de caudales por estas mismas fechas y la existencia de valores altos para esas series, por lo que se concluye que los datos son consistentes. Frente a los datos extremos señalados en 2014, se tiene que en esos periodos de tiempo no hubo fenómenos macroclimáticos, pero al comparar con las series de caudales medio y máximo se constata una tendencia creciente en los valores de caudal, y en consecuencia los valores extremos de caudal mínimo se consideran consistentes. Finalmente, en cuanto al valor extremo de abril de 2015, toda esa anualidad se caracterizó por un fenómeno Niño, sin embargo, al comparar con las series de caudal medio y máximo se tiene una tendencia creciente de caudales para esas fechas y valores igualmente altos, entonces se concluye que este valor también es consistente. |
| PIEDRAS - AUT [21227010] | Caudal diario medio | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| PIEDRAS - AUT [21227010] | Caudal diario máximo | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| PUENTE CARRETERA [21217120] | Caudal diario mínimo | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Estación | Serie | Hallazgos | Análisis |
|-----------------------------|----------------------|---|---|
| PUENTE CARRETERA [21217120] | Caudal diario medio | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| PUENTE CARRETERA [21217120] | Caudal diario máximo | En junio de 2000 y mayo de 2011 se tienen valores extremos (mayores a 150 m ³ /s). | Estos valores no son consistentes porque: En las fechas señaladas se presentó un fenómeno macroclimático Niña, que en Colombia se caracteriza por lluvias y caudales superiores a lo normal, no obstante, si bien se observa una tendencia creciente en los valores de caudal máximo para estas fechas, al comparar los datos con el comportamiento de los caudales mínimo y medio, no hay incrementos similares en los valores de esas series para esta misma estación, por consiguiente se concluye que estos valores de caudal máximo son inconsistentes y por esto se eliminan. |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

En cuanto a las series de precipitación, como se muestra en la Tabla 5.1-92 se identificó que las dieciséis (16) series de interés no tienen valores anómalos y sus datos son consistentes. Como ejemplo, a continuación, se muestran los gráficos elaborados para las estaciones ACEITUNO EL [21220050] (ver Figura 5.1-181) y SECRETO EL [21210080] (ver Figura 5.1-182).

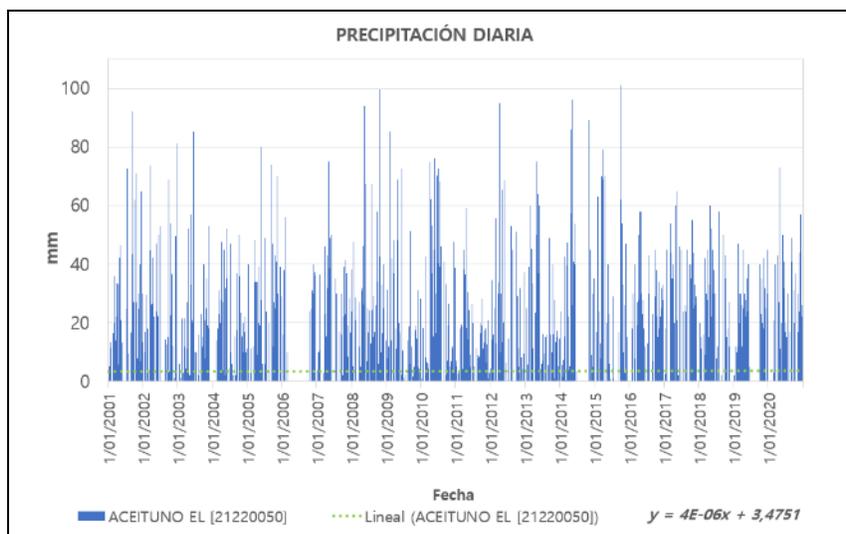


Figura 5.1-181 Precipitación diaria de la estación ACEITUNO EL [21220050]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

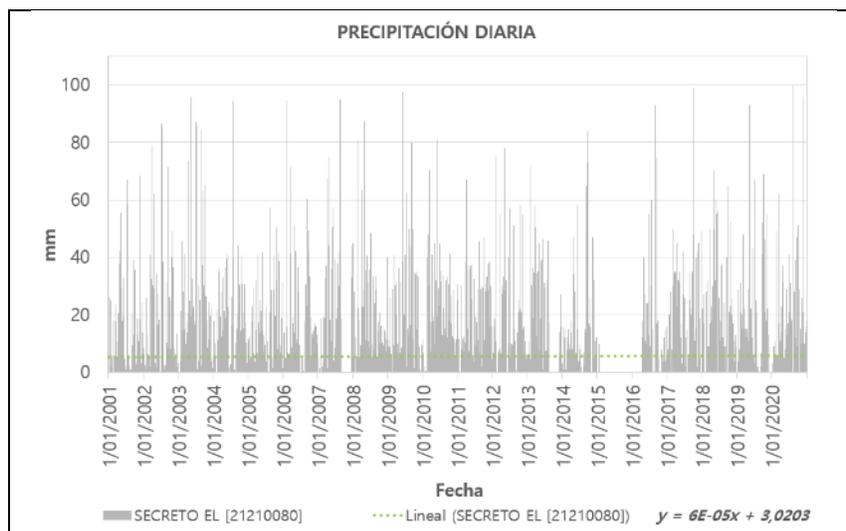


Figura 5.1-182 Precipitación diaria de la estación SECRETO EL [21210080]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

Tabla 5.1-92 Análisis de consistencia de las series de precipitación

| Estación | Serie | Hallazgos | Análisis |
|-------------------------------|----------------------|--|-----------------------------|
| AEROPUERTO PERALES [21245040] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| ANZOÁTEGUI [21240070] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| BUENOS AIRES [21210200] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| CHICORAL [21215080] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| CUCUANA HACIENDA [21215130] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| GUAYABOS LOS [22050100] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| INTERLAKEN [21210240] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| JUNTAS LAS [21210020] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| PALMAR EL [21210220] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Estación | Serie | Hallazgos | Análisis |
|------------------------------|----------------------|--|-----------------------------|
| PERALES HATO OPIA [21245010] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| PLACER EL [21210110] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| SAN JUAN DE CHINA [21240030] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| SANTA ISABEL [21255110] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| SECRETO EL [21210080] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| TOCHE [21210180] | Precipitación diaria | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Finalmente, las tres (3) series de temperatura no tienen valores anómalos y sus datos son consistentes, como se resume en la Tabla 5.1-93 y como se muestra en la Figura 5.1-183 , Figura 5.1-184 y Figura 5.1-185 .

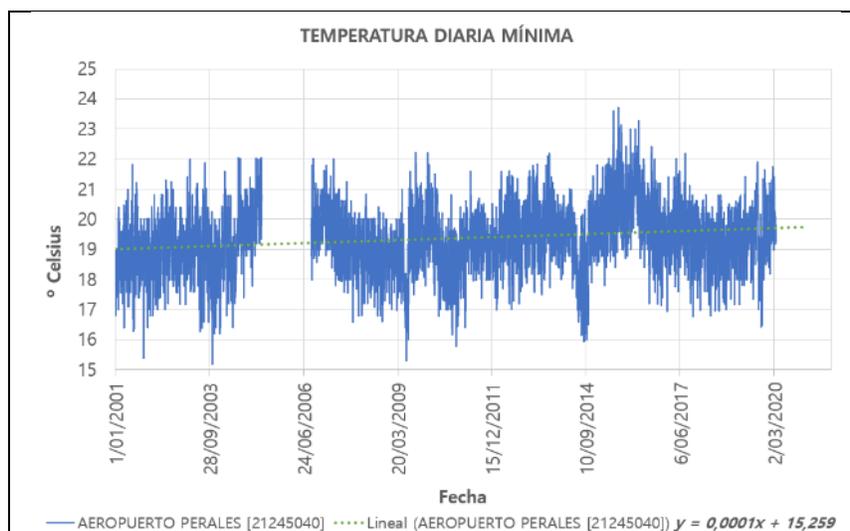


Figura 5.1-183 Temperatura diaria mínima de la estación AEROPUERTO PERALES [21245040]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

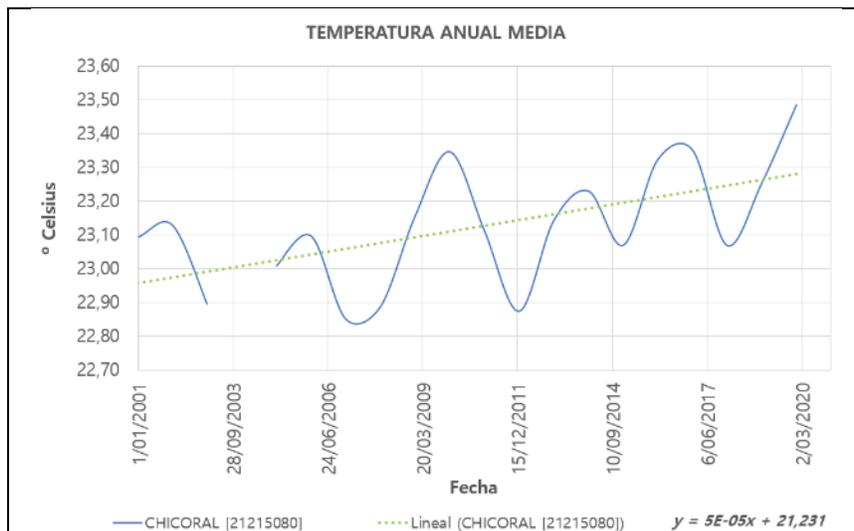


Figura 5.1-184 Temperatura anual media de la estación CHICORAL [21215080]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

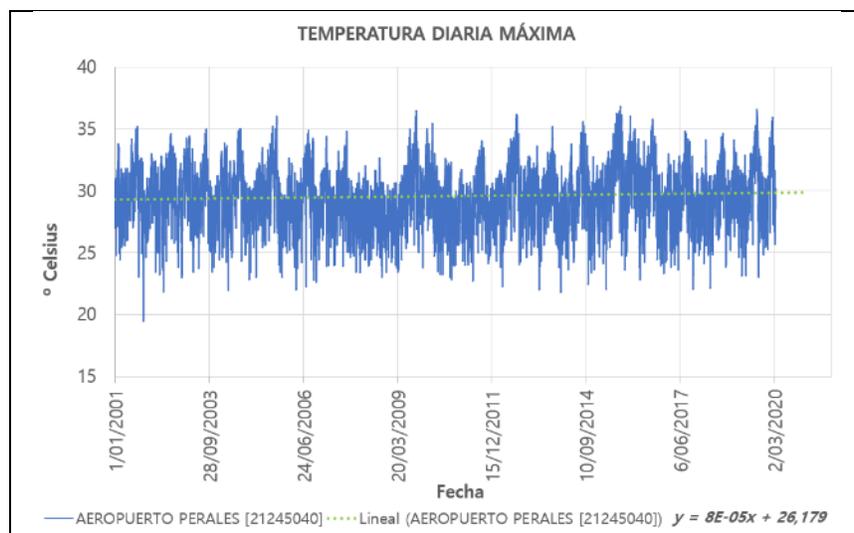


Figura 5.1-185 Temperatura diaria máxima de la estación AEROPUERTO PERALES [21245040]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

Tabla 5.1-93 Análisis de consistencia de las series de temperatura

| Estación | Serie | Hallazgos | Análisis |
|-------------------------------|---------------------------|--|-----------------------------|
| AEROPUERTO PERALES [21245040] | Temperatura diaria mínima | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| CHICORAL [21215080] | Temperatura anual media | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |
| AEROPUERTO PERALES [21245040] | Temperatura diaria máxima | No se identifican valores anómalos en la serie de datos. | Los datos son consistentes. |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.1.4 Análisis de homogeneidad y estacionalidad de la información hidrológica

Para hacer estos análisis se tiene que la homogeneidad muestra que todos los elementos de la serie de datos provienen de una misma población, mientras que la estacionalidad significa que la serie de datos es invariante con respecto al tiempo (excluyendo las fluctuaciones aleatorias). La no estacionalidad puede consistir en tendencias, saltos o ciclos (Organización Meteorológica Mundial - OMM, 2011)¹³.

El análisis de homogeneidad y estacionalidad se hizo con la prueba no paramétrica Mann-Kendall, con el fin de identificar tendencias en las series de tiempo de caudales mensuales promedio y precipitación mensual total. Para esto se empleó el software Paleontological Statistics – PAST¹⁴ que tiene licencia libre.

¹³ Organización Meteorológica Mundial - OMM. (2011). Guía de prácticas hidrológicas. (Vols. Volumen I: Hidrología - De la medición a la información hidrológica. Volumen II: Gestión de recursos hídricos y aplicación de prácticas hidrológicas.).

¹⁴ Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontologia Electrónica, vol 4 (issue 1, art. 4), 9 pp. Obtenido de http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

Los resultados obtenidos para las series de caudales mensuales promedio se resumen en la Tabla 5.1-94, que se elaboró con base en las pruebas corridas en el software PAST (ver resultados de cada prueba en el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrología - Tratamiento Estadístico de Información. Así, se tiene que de las doce (12) series de caudal en estudio, cuatro (4) tuvieron tendencia estadísticamente significativa; la serie de caudal mensual promedio mínimo de la estación PIEDRAS - AUT [21227010] tuvo una tendencia decreciente (ver Figura 5.1-189), las series de caudal mensual promedio medio y máximo de la estación MONTEZUMA [21217180] tuvieron una tendencia creciente (ver Figura 5.1-187 y Figura 5.1-188), y de la misma manera, la serie de caudal mensual promedio máximo de la estación BOCATOMA [21217250] (ver Figura 5.1-186) tuvo una tendencia creciente.

Tabla 5.1-94 Resultados de la prueba de tendencia Mann-Kendall de las series de caudales mensuales promedio

| Estación | Tendencia estadísticamente significativa - caudal mensual promedio | | |
|-----------------------------|--|---------------------|---------------------|
| | Mínimo | Medio | Máximo |
| BOCATOMA [21217250] | No | No | Tendencia creciente |
| MONTEZUMA [21217180] | No | Tendencia creciente | Tendencia creciente |
| PIEDRAS - AUT [21227010] | Tendencia decreciente | No | No |
| PUENTE CARRETERA [21217120] | No | No | No |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

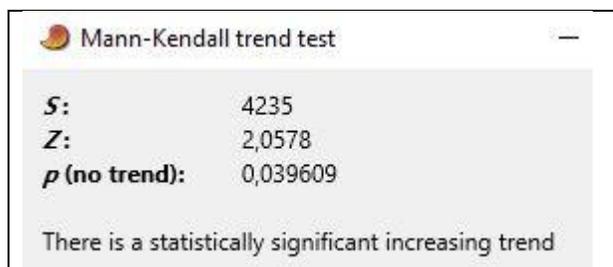


Figura 5.1-186 Resultado prueba Mann-Kendall caudal mensual promedio máximo de la estación BOCATOMA [21217250]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

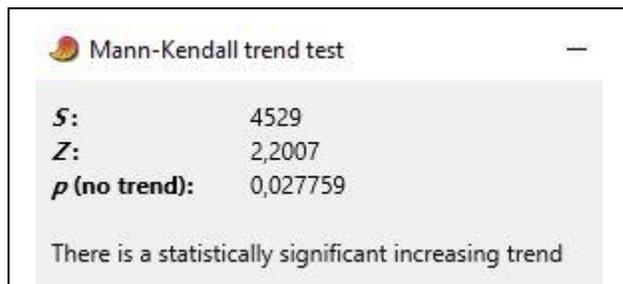


Figura 5.1-187 Resultado prueba Mann-Kendall caudal mensual promedio medio de la estación MONTEZUMA [21217180]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

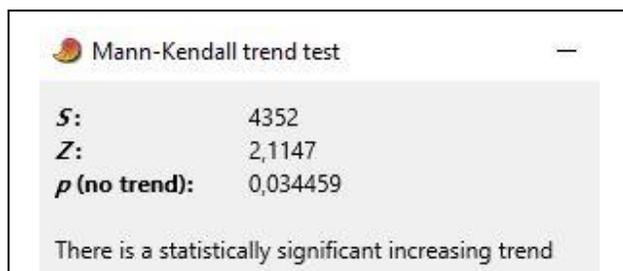


Figura 5.1-188 Resultado prueba Mann-Kendall caudal mensual promedio máximo de la estación MONTEZUMA [21217180]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

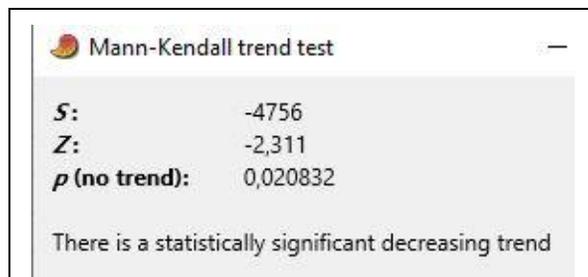


Figura 5.1-189 Resultado prueba Mann-Kendall caudal mensual promedio mínimo de la estación PIEDRAS - AUT [21227010]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

De otra parte, en la Tabla 5.1-95 se observa la síntesis de los resultados de las pruebas Mann-Kendall para las dieciséis (16) series de precipitación en estudio, donde se identifica que no hubo tendencias estadísticamente significativas, es decir los valores de

todas las series precipitación en estudio son homogéneos y estacionales, sin tendencias, saltos o ciclos, concordando con lo hallado en el análisis de consistencia para las series de precipitación. En la Figura 5.1-190 y en la Figura 5.1-191 se muestran ejemplos de los resultados de la prueba Mann-Kendall para las series de precipitación mensual total de las estaciones JUNTAS LAS [21210020] y BUENOS AIRES [21210200], correspondientemente (ver resultados de cada prueba en el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrología - Tratamiento Estadístico de Información).

Tabla 5.1-95 Resultados de la prueba de tendencia Mann-Kendall de las series de precipitación mensual total

| Estación | Tendencia estadísticamente significativa - precipitación mensual total |
|-------------------------------|--|
| ACEITUNO EL [21220050] | No |
| AEROPUERTO PERALES [21245040] | No |
| ANZOÁTEGUI [21240070] | No |
| BUENOS AIRES [21210200] | No |
| CHICORAL [21215080] | No |
| CUCUANA HACIENDA [21215130] | No |
| GUAYABOS LOS [22050100] | No |
| INTERLAKEN [21210240] | No |
| JUNTAS LAS [21210020] | No |
| PALMAR EL [21210220] | No |
| PERALES HATO OPIA [21245010] | No |
| PLACER EL [21210110] | No |
| SAN JUAN DE CHINA [21240030] | No |
| SANTA ISABEL [21255110] | No |
| SECRETO EL [21210080] | No |
| TOCHE [21210180] | No |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

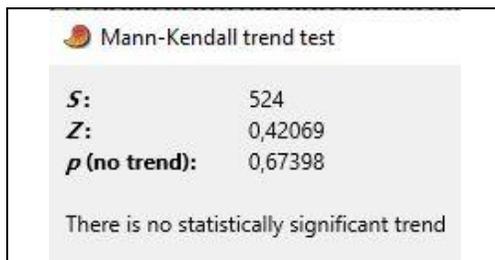


Figura 5.1-190 Resultado prueba Mann-Kendall precipitación mensual total de la estación JUNTAS LAS [21210020]

Fuente: Natura Medio Ambiente S.A.S, 2021

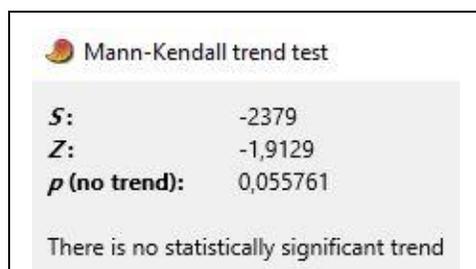


Figura 5.1-191 Resultado prueba Mann-Kendall precipitación mensual total de la estación BUENOS AIRES [21210200]

Fuente: Natura Medio Ambiente S.A.S, 2021

5.1.6.6.1.5 Representación gráfica de caudales con diagrama de cajas y bigotes

Los diagramas de cajas y bigotes son una herramienta de la estadística descriptiva que permite reconocer de manera visual como es la distribución, acumulación y dispersión de los datos de una serie estadística.

En el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrología - Tratamiento Estadístico de Información se muestran todos los gráficos elaborados para cada serie de datos, a continuación se muestran algunos gráficos de series de caudal (ver Figura 5.1-192 y Figura 5.1-193), precipitación (ver Figura 5.1-194 y Figura 5.1-195) y temperatura (ver Figura 5.1-196 y Figura 5.1-197).

Ibagué y Piedras (Tolima)

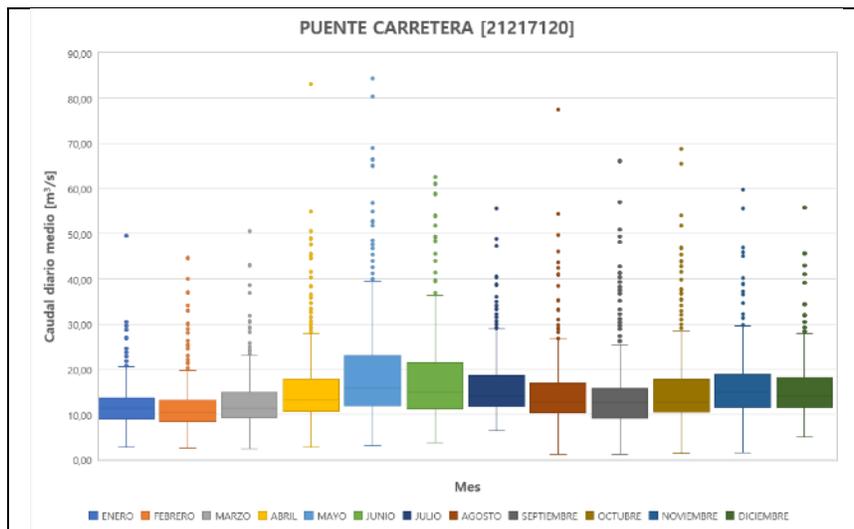


Figura 5.1-192 Diagrama de cajas y bigotes de caudales diarios medios de la estación PTE CARRETERA [2121720]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

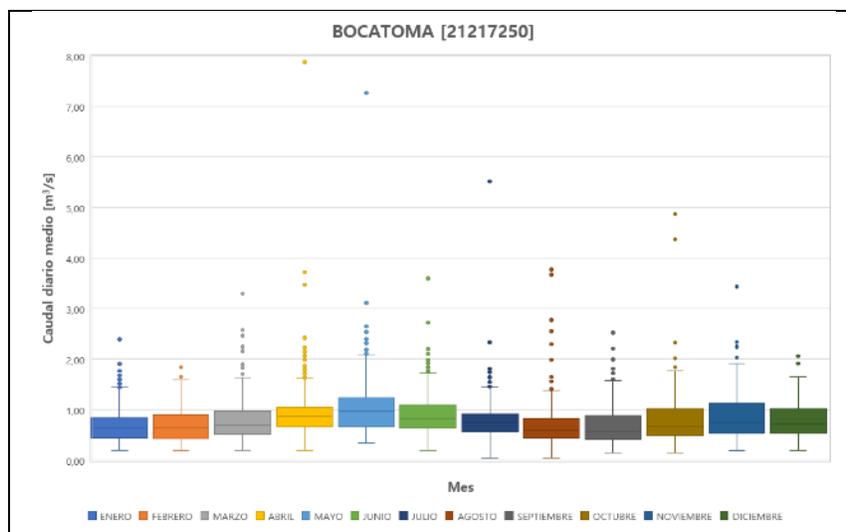


Figura 5.1-193 Diagrama de cajas y bigotes de caudales medios diarios de la estación BOCATOMA [21217250]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021) con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

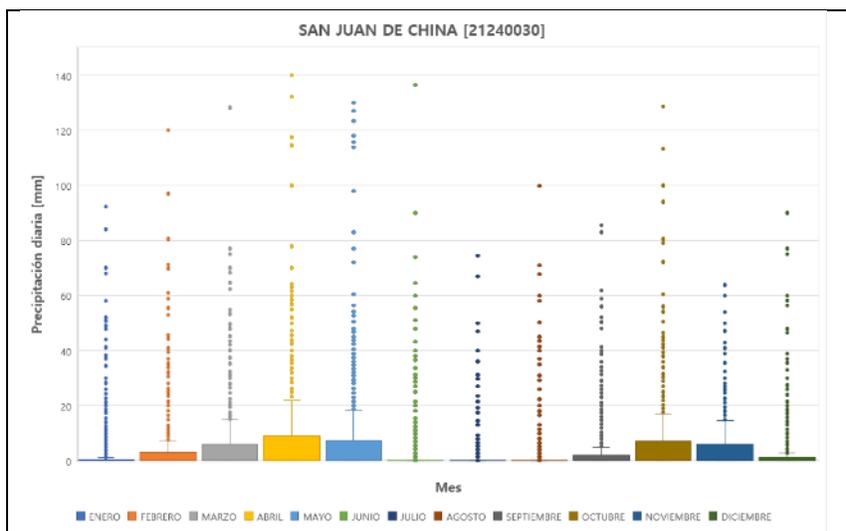


Figura 5.1-194 Diagrama de cajas y bigotes de precipitación diaria de la estación SAN JUAN DE CHINA [21240030]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

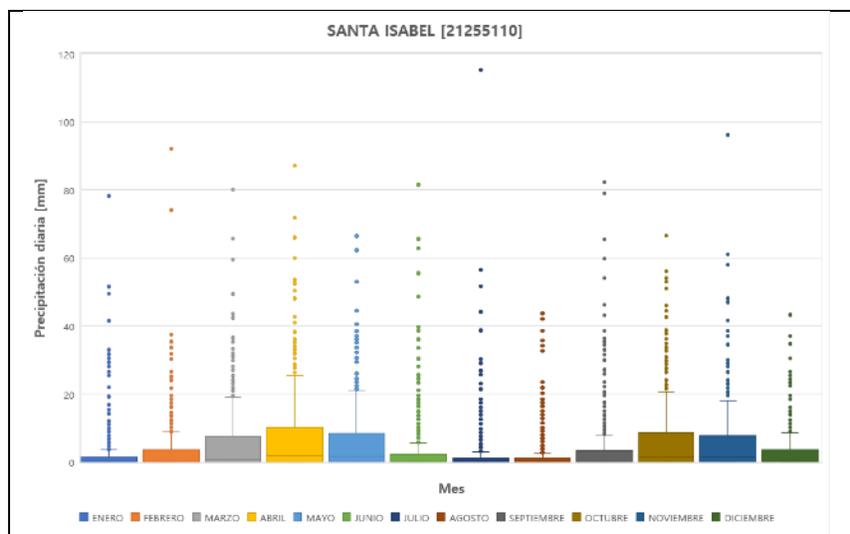


Figura 5.1-195 Diagrama de cajas y bigotes de precipitación diaria de la estación SANTA ISABEL [21255110]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

Ibagué y Piedras (Tolima)

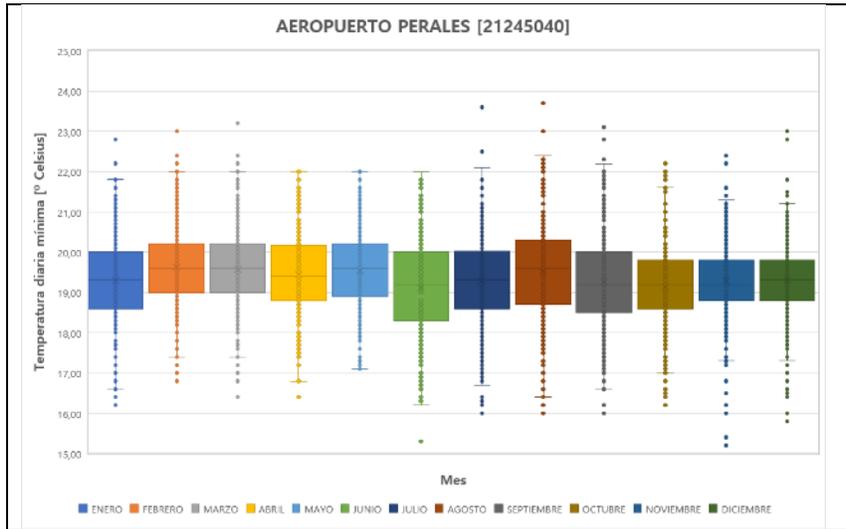


Figura 5.1-196 Diagrama de cajas y bigotes de temperatura diaria mínima de la estación APTO PERALES [21245040]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

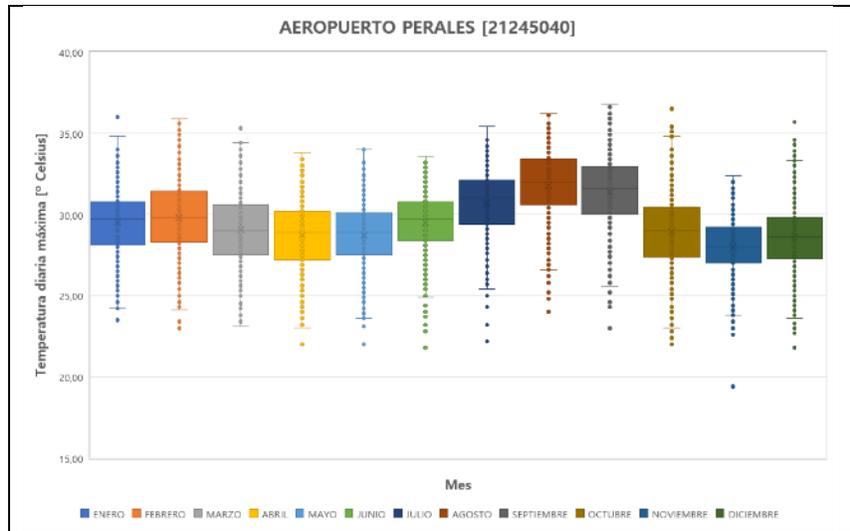


Figura 5.1-197 Diagrama de cajas y bigotes de temperatura diaria máxima de la estación APTO PERALES [21245040]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021), con base en información descargada del aplicativo DHIME del IDEAM (2021).

5.1.6.6.1.6 Conclusión análisis estadístico de información

Se emplearon doce (12) series de caudal con información estadísticamente adecuada para este estudio (ver Tabla 5.1-87).

Se determinó que dieciséis (16) series de precipitación cuentan estadísticamente con suficiente información para este estudio (ver series en negrita de la Tabla 5.1-88).

Dada la escasez de datos de temperatura en el área de estudio, se cuenta con dos (2) series de temperatura diaria y una serie de temperatura anual, con información estadísticamente apropiada para este estudio (ver series en negrita en la Tabla 5.1-89).

5.1.6.6.2 Correlación de caudales mensuales y precipitación con series de indicadores de ocurrencia de fenómenos macroclimáticos: ENOS y SOI

El clima en Colombia es afectado por fenómenos climáticos globales tales como El Niño Oscilación del Sur – ENOS, Oscilación del Atlántico Norte, entre otras (Poveda, y otros, 2002)¹⁵.

Se realiza una verificación de la correlación de los fenómenos macroclimáticos con el fin de identificar la posible incidencia que estos tengan sobre la hidrología en el área de influencia Físico-Biótica en términos de caudal medio mensual y precipitación total mensual.

¹⁵ Poveda, Germán; Vélez, Jaime; Mesa, Oscar; Hoyos, Carlos; Mejía, J Fredy; Barco, Olga; Correa, Paula (2002). Influencia de fenómenos macroclimáticos sobre el ciclo anual de la hidrología colombiana: cuantificación lineal, no lineal y percentiles probabilísticos. Revista Meteorología Colombiana. Páginas 1 – 10.

La ocurrencia del ENOS se estudia a través de diversos índices, uno de ellos es el Índice de Oscilación del Sur - SOI (por sus siglas en inglés), que mide las fluctuaciones de gran escala en la presión del aire entre el Pacífico Tropical occidental (Tahiti) y oriental (Darwin, Australia) durante los episodios El Niño y La Niña. Valores negativos del SOI reflejan presiones del aire por debajo de lo normal en Tahiti y por encima de lo normal en Darwin. Periodos prolongados de valores negativos del SOI coinciden con aguas anormalmente cálidas a través del Océano Pacífico Tropical Oriental, típico de episodios El Niño, mientras que prolongados valores positivos del SOI coinciden con aguas anormalmente frías a través del Océano Pacífico Tropical Oriental, típico de episodios La Niña (NOAA - National Centers for Environmental Information. National Oceanic and Atmospheric Administration., s.f.)¹⁶.

Las series de SOI se recuperaron de la página web del Climate Prediction Center, National Weather Service de la National Oceanic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos de América¹⁷.

En el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrología - Tratamiento Estadístico de Información se muestra los gráficos de correlación lineal entre las series de datos de caudal y precipitación y el índice SOI, a continuación, se resumen los dominios de correlación de cada parámetro y se muestran algunos de los gráficos elaborados.

Como se observa en la Tabla 5.1-96, ninguna de las series de caudal tuvo correlación significativa (valor absoluto de la correlación lineal > 0.5) con el índice SOI. Las correlaciones más altas se identificaron en las series de caudal de la estación MONTEZUMA [21217180] (ver Figura 5.1-198), mientras que las correlaciones más bajas

¹⁶ NOAA - National Centers for Environmental Information. National Oceanic and Atmospheric Administration. (s.f.). Recuperado el 2 de 9 de 2021, de <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>.

¹⁷ Link: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>

corresponden a las series de la estación PIEDRAS - AUT [21227010] (ver Figura 5.1-199).

Tabla 5.1-96 Síntesis de correlaciones lineales de series de caudal y el índice SOI

| Estación | BOCATOMA [21217250] | MONTEZUMA [21217180] | PIEDRAS - AUT [21227010] | PUENTE CARRETERA [21217120] |
|---|------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Dominio coeficiente de correlación lineal Caudal mínimo vs. SOI | [0.08, 0.23] | [0.100, 0.375] | [-0.08, 0.16] | [0.02, 0.4] |
| Correlación significativa > 0.5 | No | No | No | No |
| Dominio coeficiente de correlación lineal Caudal medio vs. SOI | [0.15, 0.41] | [0.076, 0.320] | [-0.07, 0.14] | [0.05, 0.039] |
| Correlación significativa > 0.5 | No | No | No | No |
| Dominio coeficiente de correlación lineal Caudal máximo vs. SOI | [-0.005, 0.160] | [0,07, 0,332] | [-0.06, 0.16] | [0.025, 0.33] |
| Correlación significativa > 0.5 | No | No | No | No |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

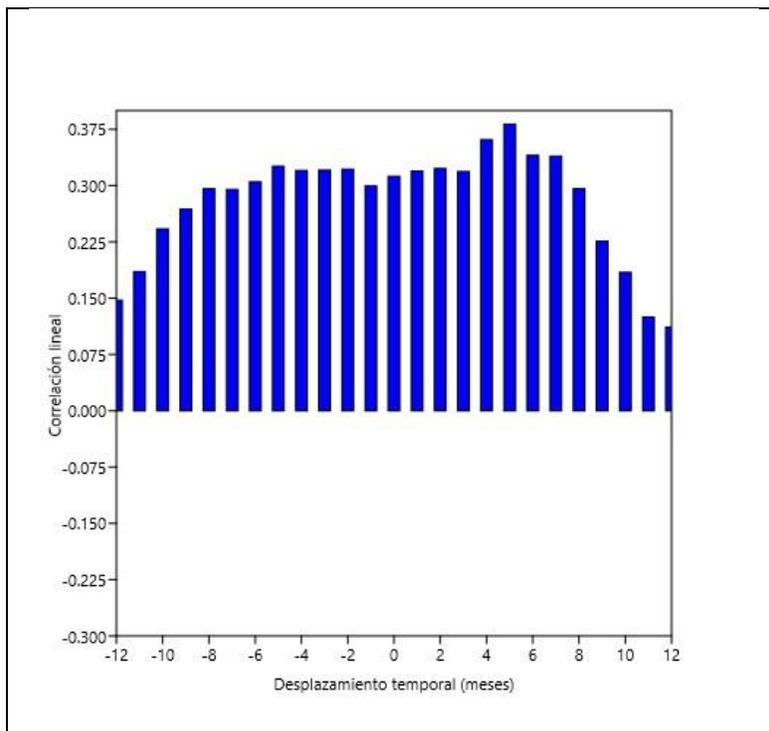


Figura 5.1-198 Correlación lineal entre el caudal mínimo mensual de la estación MONTEZUMA [21217180] y el índice SOI [1991-2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

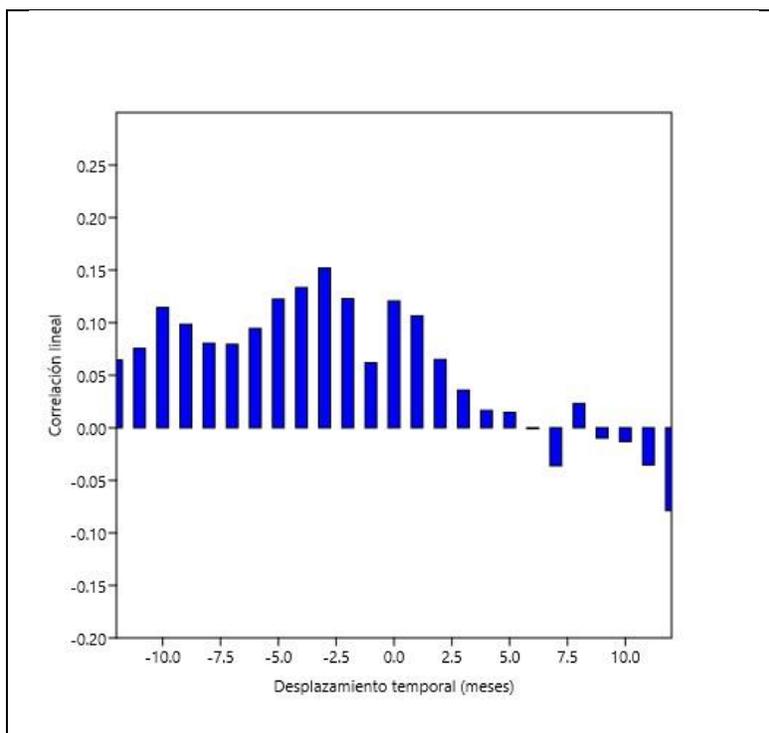


Figura 5.1-199 Correlación lineal entre el caudal mínimo mensual de la estación PIEDRAS - AUT [21227010] y el índice SOI [1991-2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Por otra parte, como se observa en la Tabla 5.1-97, ninguna de las series de precipitación tuvo correlación significativa con el SOI (valor absoluto de la correlación lineal > 0.5), los valores más altos de correlación corresponden a la estación TOCHE [21210180] (ver Figura 5.1-200) y las correlaciones más bajas se identificaron en la estación SAN JUAN DE CHINA [21240030] (ver Figura 5.1-201).

Tabla 5.1-97 Síntesis de correlaciones lineales de series de precipitación y el índice SOI

| Estación | Dominio coeficiente de correlación lineal precipitación mensual vs. SOI | Correlación significativa > 0.5 |
|-------------------------------|---|---------------------------------|
| ACEITUNO EL [21220050] | [-0.10, 0.10] | No |
| AEROPUERTO PERALES [21245040] | [-0.07, 0.22] | No |
| ANZOÁTEGUI [21240070] | [-0.149, 0.225] | No |
| BUENOS AIRES [21210200] | [-0.12, 0.90] | No |
| CHICORAL [21215080] | [-0.11, 0.17] | No |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| Estación | Dominio coeficiente de correlación lineal precipitación mensual vs. SOI | Correlación significativa > 0.5 |
|------------------------------|---|---------------------------------|
| CUCUANA HACIENDA [21215130] | [-0.07, 0.23] | No |
| GUAYABOS LOS [22050100] | [-0.01, 0,19] | No |
| INTERLAKEN [21210240] | [-0.03, 0.29] | No |
| JUNTAS LAS [21210020] | [-0.11, 0.14] | No |
| PALMAR EL [21210220] | [-0.13, 0.18] | No |
| PERALES HATO OPIA [21245010] | [-0.11, 0.20] | No |
| PLACER EL [21210110] | [-0.04, 0.25] | No |
| SAN JUAN DE CHINA [21240030] | [-0.140, 0.04] | No |
| SANTA ISABEL [21255110] | [-0.05, 0.40] | No |
| SECRETO EL [21210080] | [-0.14, 0.19] | No |
| TOCHE [21210180] | [-0.05, 0.32] | No |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

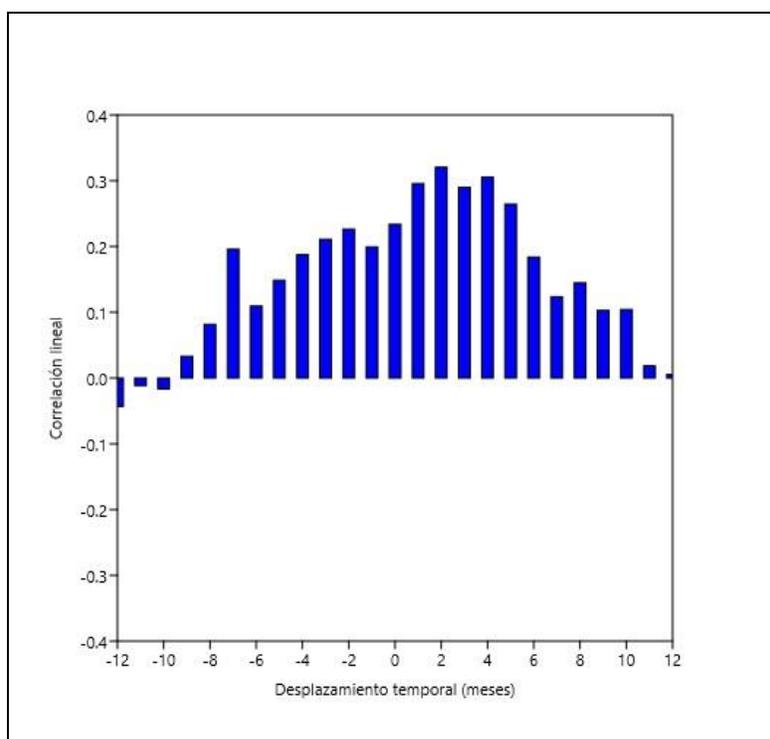


Figura 5.1-200 Correlación lineal entre la precipitación mensual de la estación TOCHE [21210180] y el índice SOI [2001-2020]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

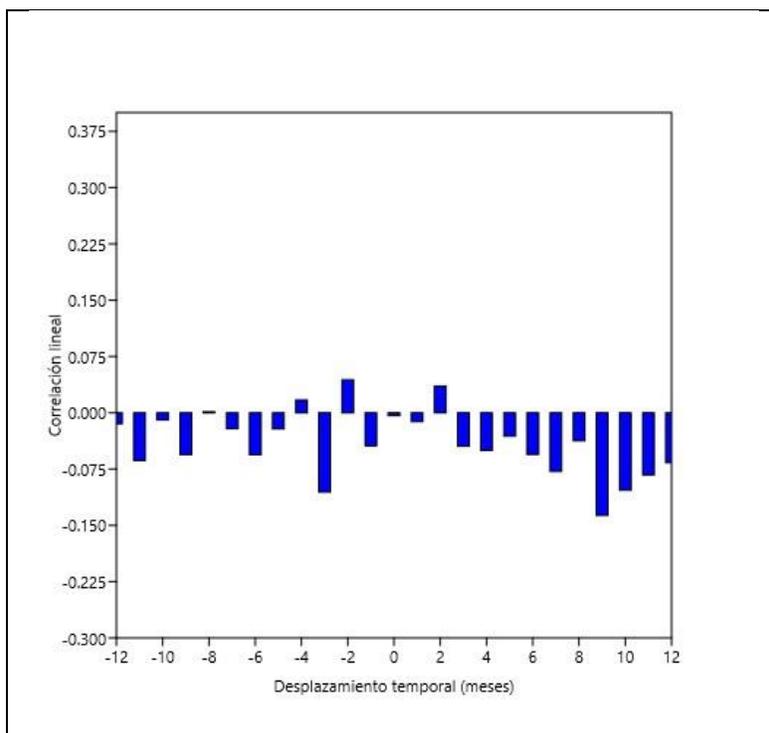


Figura 5.1-201 Correlación lineal entre la precipitación mensual de la estación SAN JUAN DE CHINA [21240030] y el índice SOI [2001-2020]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3 Régimen medio de caudales de las corrientes del área de influencia

Se presenta la selección de la metodología usada, así como las ventajas, desventajas, limitaciones, verificación y datos de entrada usados; luego se presentan los resultados obtenidos del régimen hidrológico.

5.1.6.6.3.1 Descripción selección de la metodología

Las corrientes existentes dentro del área de estudio no cuentan con estaciones de medida de niveles y caudales, por lo que no es posible hacer una caracterización directa del régimen hidrológico y caudales característicos. En respuesta a este hecho, se propuso la metodología de precipitación-área-caudal para hacer las estimaciones del régimen

hidrológico. Esta metodología se utiliza para determinar los caudales de una cuenca sin estaciones de aforo, se puede aplicar para la estimación de los caudales mensuales y anuales. La cuenca instrumentada (pivote) y las cuencas a caracterizar deben tener características afines teniendo en cuenta para la semejanza de las cuencas, sus características fisiográficas (topografía, geología, clima, suelos y vegetación), hidrográficas (superficie de lagos, densidad de red de ríos, etc.), morfológicas (superficie de cuenca, pendientes, etc.) y otras. La relación sobre la que se basa este método es la siguiente:

$$(Q_1 / A_1) / P_1 = (Q_2 / A_2) / P_2$$

Donde:

Q1: caudal a generar [m³/s],

Q2: caudal cuenca pivote [m³/s],

A1: área cuenca a generar [km²],

A2: área cuenca pivote [km²],

P1: precipitación total media anual cuenca a caracterizar [mm], y

P2: precipitación total media anual cuenca pivote [mm]

La verificación de la información disponible se realizó en el numeral 5.1.6.6.1 y se encontró que la información de caudales de la estación PIEDRAS del río Opía tiene cantidad y calidad adecuada y está en escala diaria.

5.1.6.6.3.2 Ventajas de la metodología seleccionada

La metodología de precipitación-área-caudal tiene la ventaja de ser muy sencilla en su aplicación y que genera resultados ajustados a la realidad de las unidades hidrográficas, lo que implica una relación beneficio/costo elevada. Además, es una metodología empleada ampliamente en el quehacer de los estudios hidrológicos del país.

5.1.6.6.3.3 Desventajas de la metodología seleccionada

La metodología tiene la desventaja de no permitir incluir más criterios que inciden en la respuesta hidrológica de las cuencas, sin embargo, esta desventaja se salva al utilizar la metodología únicamente en unidades hidrográficas homólogas en condiciones climáticas y físicas. Este es el caso, ya que la cuenca del río Opía contiene una buena parte del área de influencia Físico-Biótica y además las condiciones superficiales y climáticas son homogéneas en la región de análisis.

5.1.6.6.3.4 Limitaciones de la metodología seleccionada

La metodología tiene una limitación y es que no permite estimar directamente la respuesta ante un evento dado de precipitación. Sin embargo, esta no es la necesidad del proyecto, por lo tanto esta limitación no genera inconvenientes en el desarrollo del presente proyecto.

5.1.6.6.3.5 Balance hídrico a largo plazo

El balance hídrico de largo plazo se utiliza para estimar la oferta hídrica o escorrentía producida en una zona específica. Su formulación teórica está fundamentada en el principio de conservación de la masa aplicada a una escala de tiempo igual a un año hidrológico medio (Organización Meteorológica Mundial - OMM, 2011).

La ecuación diferencial que gobierna el principio de conservación de masa es la siguiente:

$$\frac{dS}{dt} = I - O$$

Donde:

$\frac{dS}{dt}$: es la variación del almacenamiento de agua en la cuenca con respecto al tiempo,

I: flujo de entrada de agua a la cuenca desde la atmósfera u otras cuencas,

O: flujo de salida de agua de la cuenca hacia otras cuencas o a la atmósfera.

La presunción en la que se basa el balance hídrico de largo plazo es la invariabilidad del almacenamiento a escala anual. Por lo anterior la ecuación de balance hídrico toma la forma:

$$0 = I - O$$

Reorganizando términos

$$I = O$$

La ecuación anterior se puede escribir de la siguiente manera desglosando las entradas y las salidas:

$$P = ETR + Q$$

Donde:

P: lámina de precipitación,

ETR: evapotranspiración real,

Q: caudal total medido en el punto de cierre de la cuenca,

Reorganizando términos se tiene que

$$Q = P - ETR$$

5.1.6.6.3.5.1 Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración es un flujo de humedad de importancia capital a la hora de analizar el ciclo hidrológico; da cuenta de la cantidad de agua que sale de la cuenca por efecto de la evaporación y la transpiración generada por la vegetación en condiciones

óptimas de humedad, de suministro de energía y de cobertura vegetal. Si bien no es posible medirlo de manera directa, se han elaborado metodologías que permiten su estimación. En la literatura existen ecuaciones tan sencillas que solo interviene la temperatura, y tan complejas en las que se toman en cuenta gran cantidad de parámetros como humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, temperatura, entre otras. Para este proyecto se buscaron metodologías que, primero, fueran aplicables según la disponibilidad de información, y segundo, fueran aplicables a la zona.

La primera metodología escogida es Thorntwaite (Chow, Maidment, & Mays, 1988), que utiliza información de temperatura media mensual para sus cálculos. Este insumo no se encuentra disponible a escala mensual, ya que como se vio antes, no fue posible realizar una espacialización confiable con la estación disponible. Sin embargo, se estimó un campo espacial para la temperatura media anual y se calculó la ETP anual con base en este.

La segunda metodología fue CENICAFÉ (Jaramillo, 1989), se escogió por su sencillez, ya que solo requiere información de elevación para el cálculo de la ETP.

A continuación, se presenta la descripción de las dos metodologías escogidas.

El método Thorntwaite se aplica de la siguiente manera¹⁸.

Se determina el índice de calor mensual (i) a partir de la temperatura media mensual (t):

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Luego se calcula el índice de calor Anual (I) sumando los 12 valores de i:

¹⁸ Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology. Nueva York, Estados Unidos de América: McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series.

Ibagué y Piedras (Tolima)

$$I = \sum i$$

Se calcula el factor a :

$$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1792 * 10^{-5} * I + 0.49239$$

Se sigue con la estimación de la evapotranspiración mensual "sin corregir" mediante la fórmula:

$$ETP(sin Corregir) = 16 \left(\frac{10 * t}{I} \right)^a$$

Y por último se hace la corrección para el número de días del mes y el número de horas de sol.

$$ETP = ETP(Sin corregir) * \frac{N}{12} * \frac{D}{30}$$

Donde:

$ETP(sin Corregir)$: Evapotranspiración potencial a nivel mensual en mm/mes, para meses de 30 días y 12 horas de sol teóricas.

t : Temperatura Media Mensual °C.

I : Índice de Calor Anual.

ETP : Evapotranspiración Corregida.

N : Número máximo de horas de sol, depende del mes y de la Latitud.

D : Número de días del mes.

El método CENICAFÉ se basa en las estimaciones de ETP realizadas con el método de Penman a la información de algunas estaciones climáticas en el territorio colombiano¹⁹. La ecuación es la siguiente:

$$ETP=1017.17e^{(-0,0002ht)}$$

Donde:

ET = evapotranspiración en mm/año

e = es la base de los logaritmos neperianos,

h = es la elevación en metros.

Los campos de ETP calculados se presentan en la Tabla 5.1-98 y en la Figura 5.1-202 . Se tomó el valor de temperatura media anual disponible de la estación Chicoral.

Tabla 5.1-98 Evapotranspiración potencial método Thorntwaite

| Nombre | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| T [°C] | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 | 23,12 |
| DÍAS | 31 | 28,25 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365,25 |
| ETP [mm] | 95,39 | 87,66 | 97,16 | 94,80 | 98,93 | 96,51 | 98,93 | 98,77 | 94,18 | 96,36 | 92,47 | 95,39 | 1146,54 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

¹⁹ JARAMILLO, A. Relación entre la evapotranspiración y los elementos climáticos (Nota técnica). CENICAFÉ. Vol. 40, N3.

Ibagué y Piedras (Tolima)

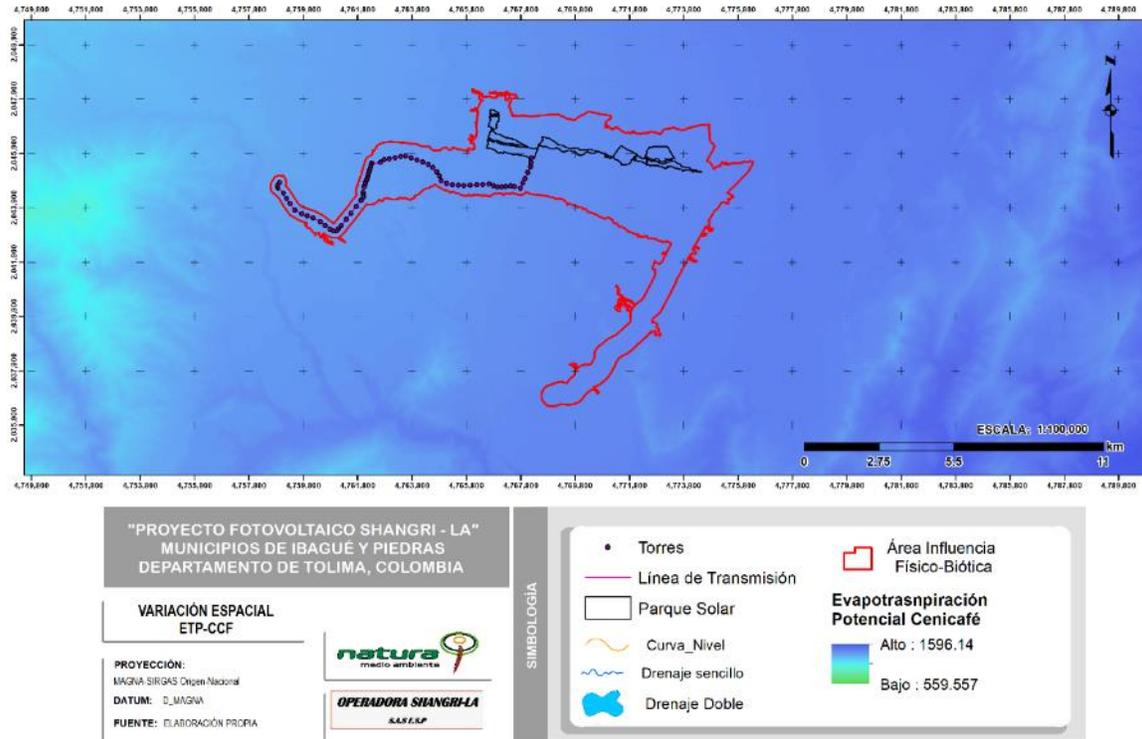


Figura 5.1-202 Variación espacial de la evapotranspiración potencial método CENICAFÉ

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.2 Evapotranspiración real

La evapotranspiración real representa la cantidad real de agua que sale de la cuenca por evaporación y transpiración, teniendo en cuenta las condiciones de humedad, imperantes en la zona. En este proyecto se seleccionó la metodología Budyko, ya que es ampliamente utilizada y ha sido probada en un sin número de estudios en todo el mundo, entre ellos el ENA 2010²⁰ y el ENA 2014²¹.

²⁰ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C., Colombia. 2010.

²¹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Op. Cit. 2015.

El método Budyko para el cálculo de la evapotranspiración real, el cual consiste en la siguiente expresión:

$$ETR = \sqrt{\left[\left(ETP \times P \times \operatorname{Tanh} \left(\frac{P}{ETP} \right) \right) \times \left(1 - \operatorname{Cosh} \left(\frac{ETP}{P} \right) + \operatorname{Senh} \left(\frac{ETP}{P} \right) \right) \right]}$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real mensual [mm]

ETP = Evapotranspiración potencial [mm]

P = Precipitación total mensual [mm]

En la Figura 5.1-203 se presenta el campo de ETR para la metodología Thorntwaite y en la Figura 5.1-204 para la ecuación CENICAFÉ.

Ibagué y Piedras (Tolima)

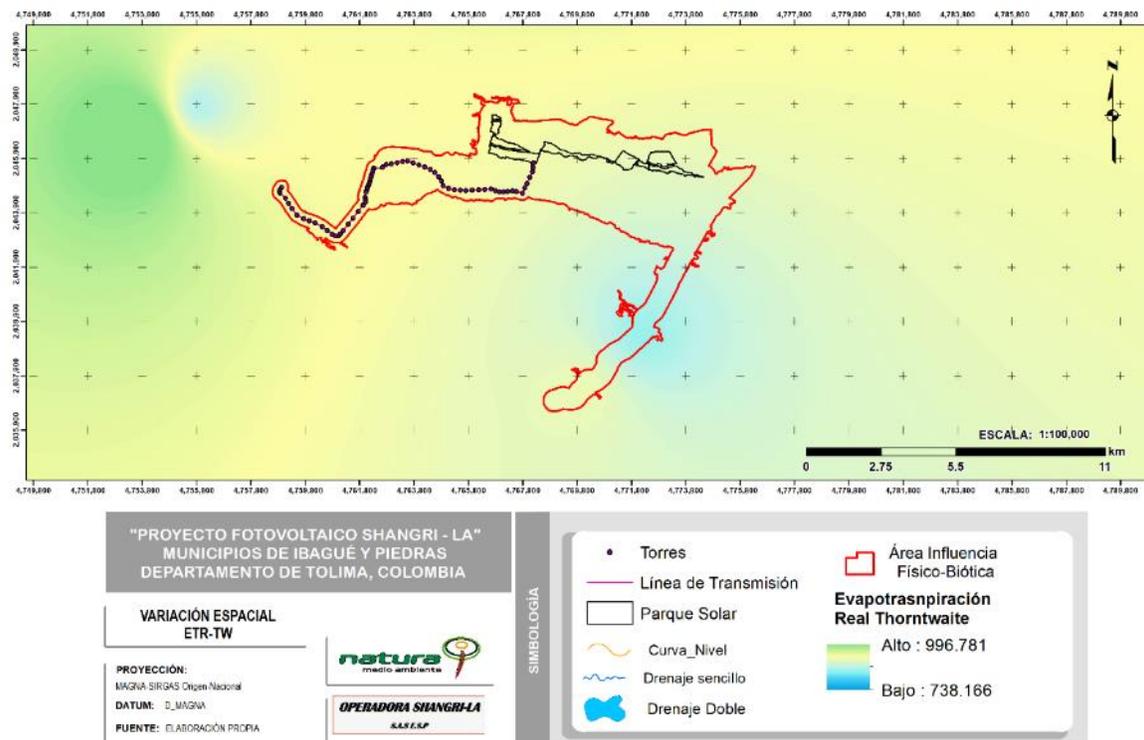


Figura 5.1-203 Variación espacial evapotranspiración real método Thornthwaite
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

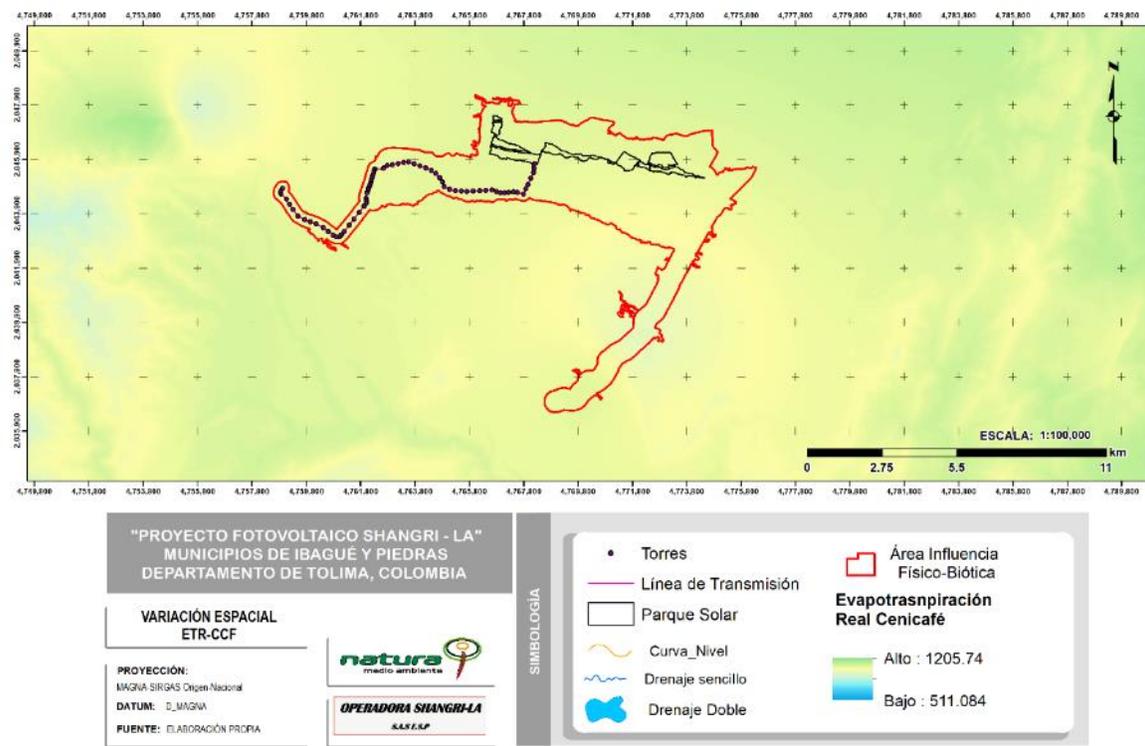


Figura 5.1-204 Variación espacial evapotranspiración real método CENICAFÉ

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.3 Balance hídrico de largo plazo

Se aplicó la ecuación de balance hídrico para calcular la oferta hídrica a partir de los dos métodos de evapotranspiración potencial Thornthwaite (ver Figura 5.1-205) y CENICAFÉ (ver Figura 5.1-206).

Ibagué y Piedras (Tolima)

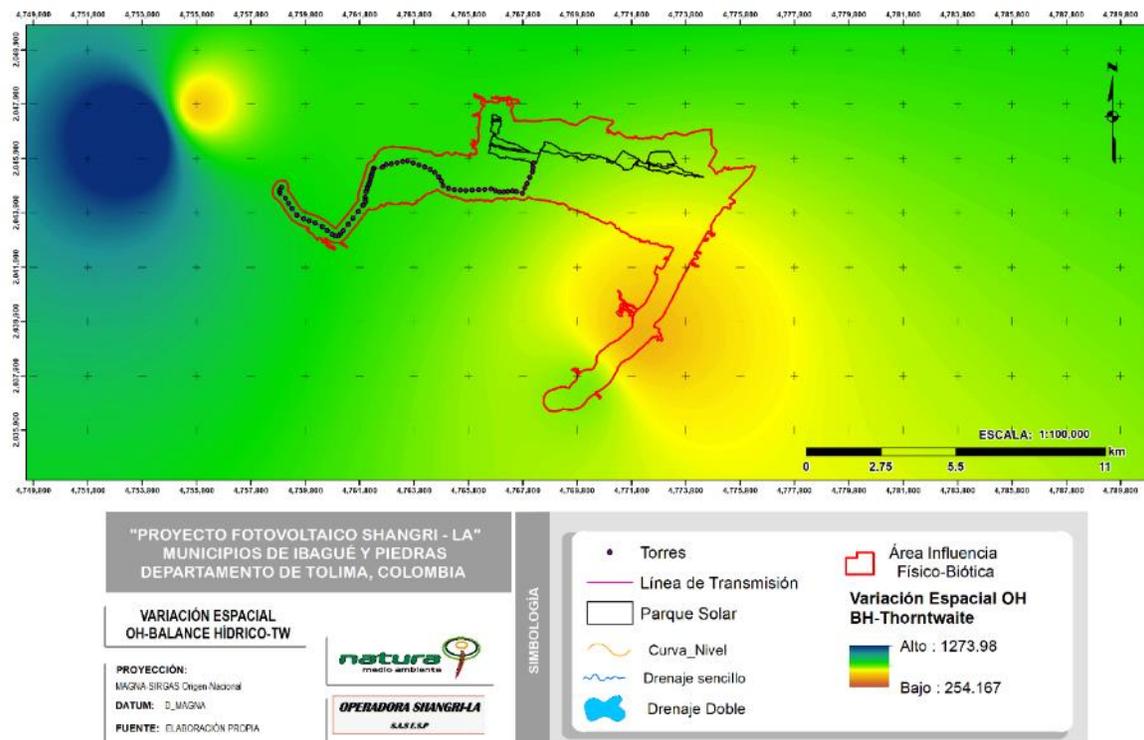


Figura 5.1-205 Balance hídrico – método Thornthwaite

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

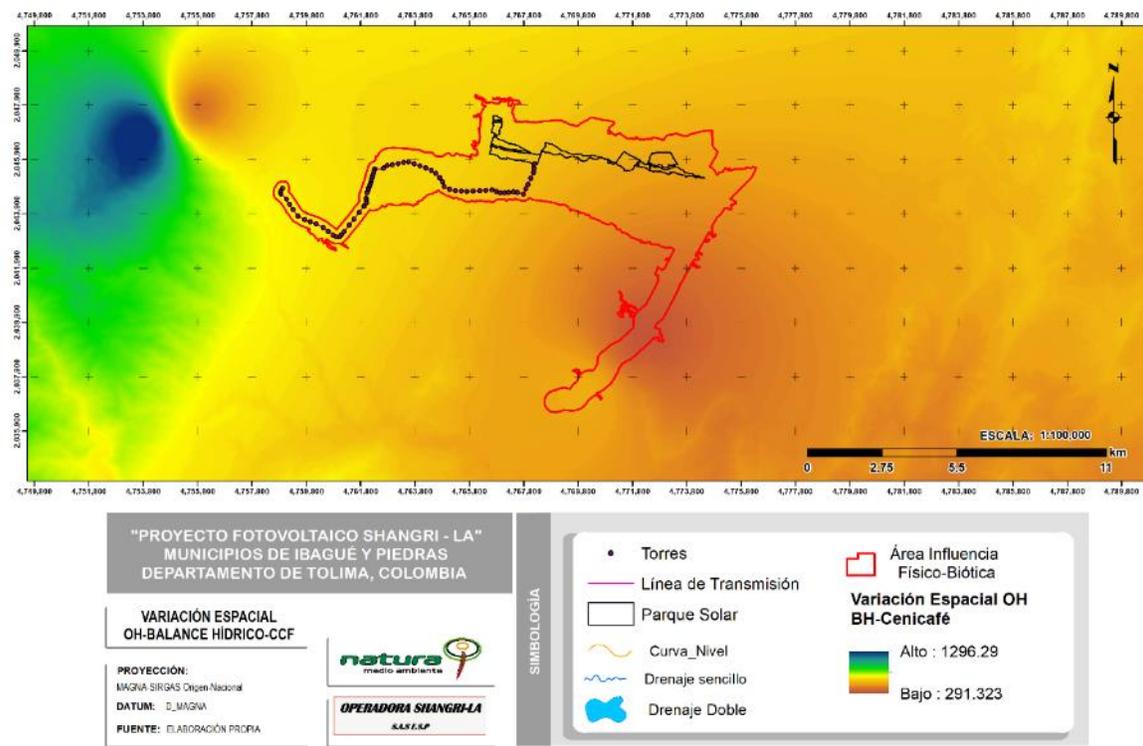


Figura 5.1-206 Balance hídrico – método CENICAFÉ

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.4 Verificación cuantitativa de la metodología seleccionada

Se calculó el balance hídrico sobre la cuenca del río Opía para verificar el ajuste de los caudales de la estación Piedras. En la Tabla 5.1-99 se presenta la verificación de los datos de caudal a partir del balance hídrico. Se encontró que la mejor metodología es la de CENICAFÉ por el bajo error (2.26%) y los datos de caudal se ajustan al balance hídrico. Este chequeo permite tener certeza tanto de la información de caudal y de los campos de precipitación, evapotranspiración potencial y real de la metodología CENICAFÉ.

Tabla 5.1-99 Verificación del ajuste de los datos de caudal y el balance hídrico

| PARÁMETRO | VALOR |
|---------------------------|-----------|
| Área cuenca río Opía (ha) | 29419,842 |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| PARÁMETRO | VALOR |
|--|--------|
| OH Thorntwaite (mm) | 684,98 |
| OH Cenicafé (mm) | 568,06 |
| Q medio estación Piedras (m ³ /s) | 5,418 |
| Q medio Cenicafé (m ³ /s) | 5,296 |
| Q medio Thorntwaite (m ³ /s) | 6,386 |
| Error Cenicafé (%) | 2,26 |
| Error Thorntwaite (%) | 17,86 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.5 Datos de entrada

Los datos de entrada para el cálculo del régimen hidrológico de las unidades hidrológicas delimitadas en el área de influencia son el régimen hidrológico del río Opía a la estación Piedras (ver Figura 5.1-207), el campo espacial de precipitación (ver Figura 5.1-208) y la delimitación de unidades hidrográficas del AI (ver Figura 5.1-209).

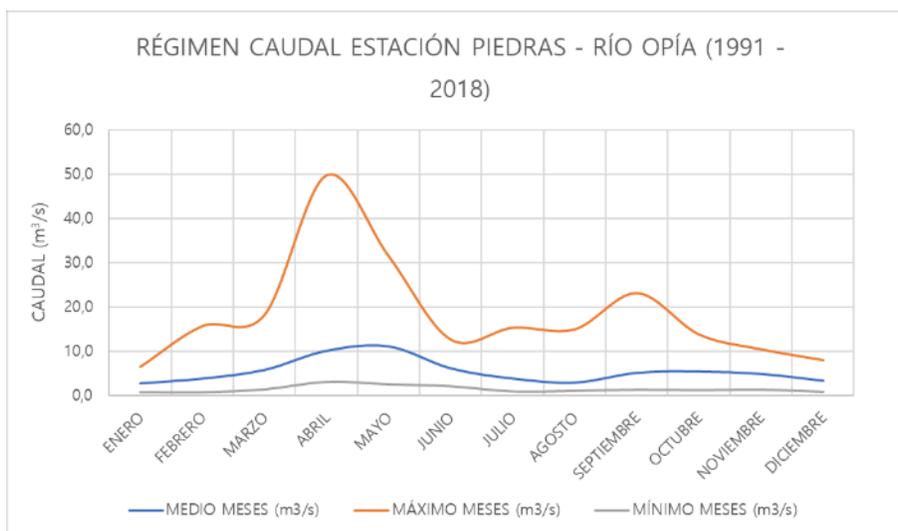


Figura 5.1-207 Régimen caudal estación piedras - río Opía (1991 - 2018)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

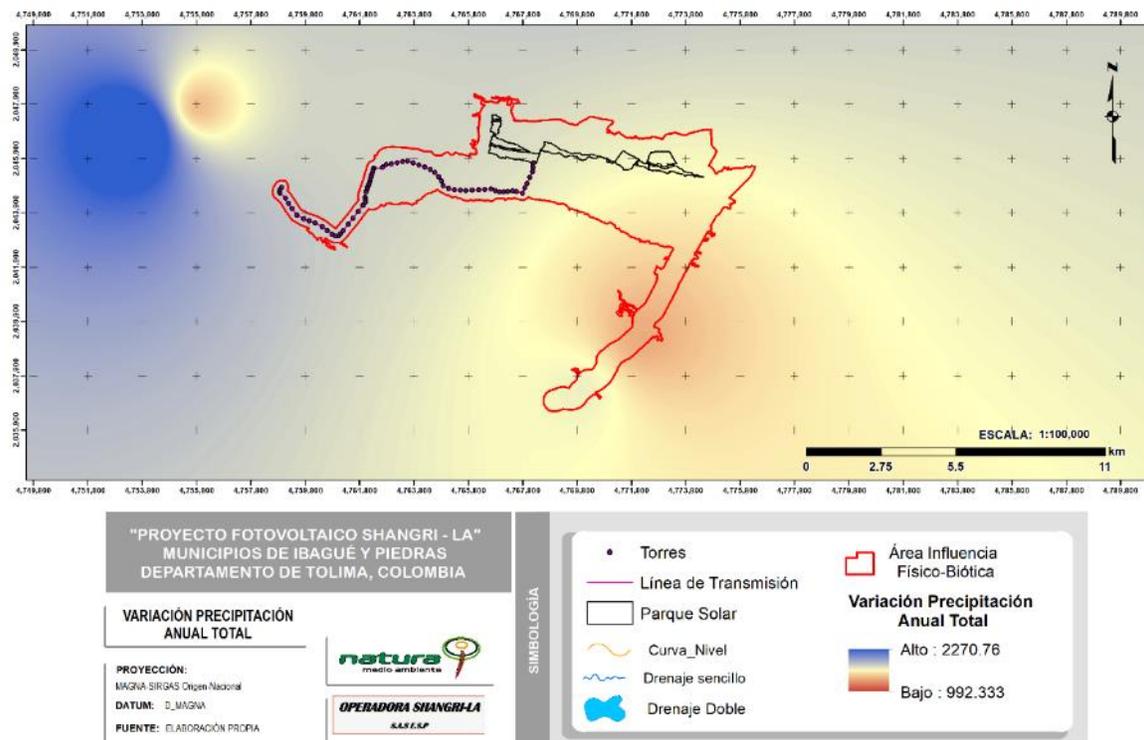


Figura 5.1-208 Variación espacial de la precipitación total anual

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

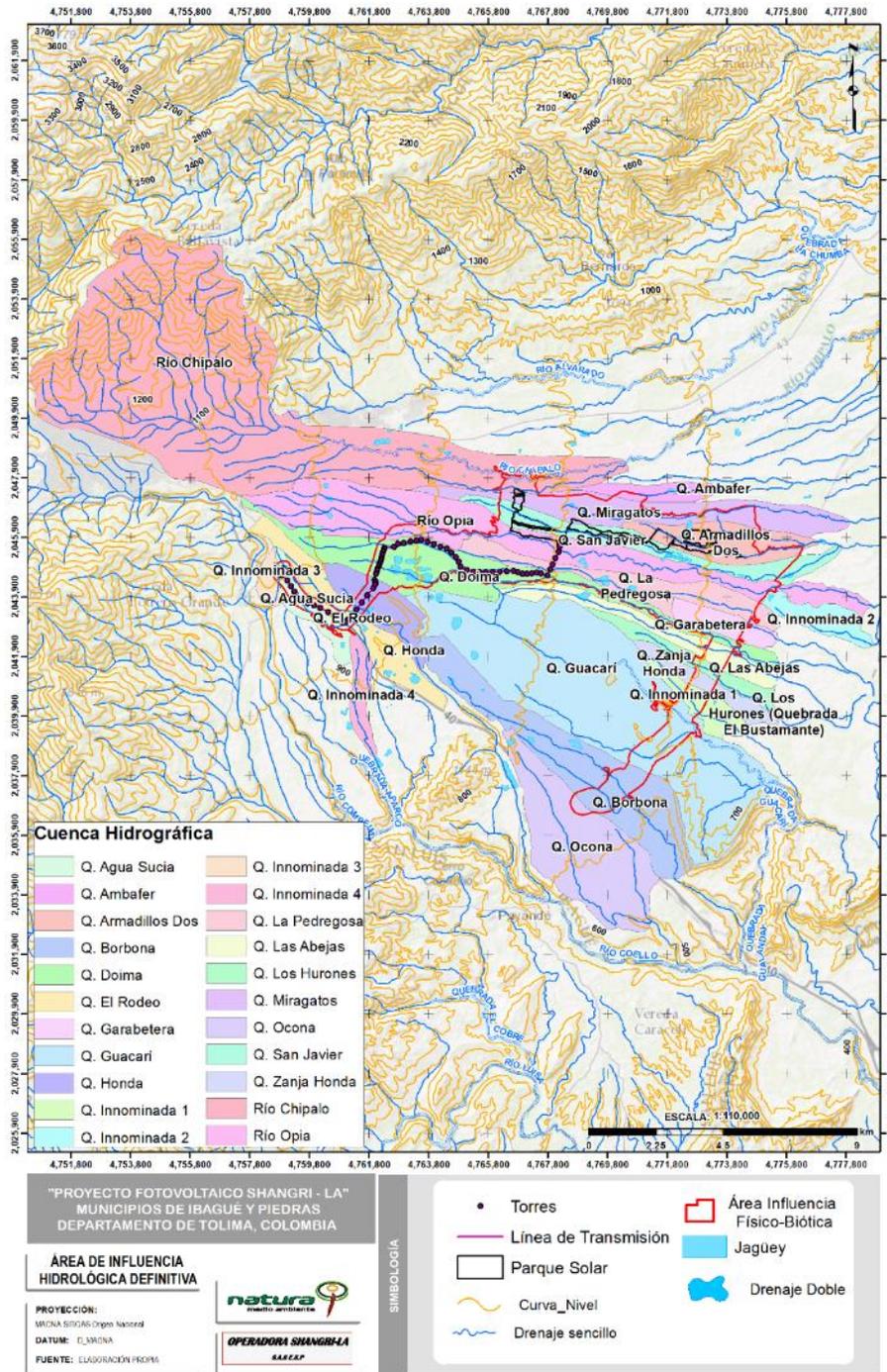


Figura 5.1-209 Delimitación unidades hidrográficas en el AI

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Con lo anterior se calcularon los valores de P y A requeridos para la implementación de la metodología (ver **Tabla 5.1-100**).

Tabla 5.1-100 Parámetros P y A base para cálculo de régimen de caudales unidades hidrográficas

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | ÁREA [ha] | PRECIPITACIÓN [mm] |
|---|------------|-----------|--------------------|
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 121.54 | 1676.21 |
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 284.89 | 1660.74 |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 217.87 | 1635.01 |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 655.68 | 1635.81 |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 461.43 | 1636.78 |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 1533.25 | 1531.65 |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 1626.96 | 1537.43 |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 3997.99 | 1480.38 |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 280.91 | 1365.54 |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 261.59 | 1396.59 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 305.08 | 1427.45 |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 513.23 | 1475.53 |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 1386.14 | 1595.96 |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 260.47 | 1456.90 |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 676.25 | 1525.07 |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 302.28 | 1498.10 |
| Río Opia | 2122-99-08 | 2065.52 | 1594.48 |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 680.17 | 1564.09 |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 586.87 | 1541.93 |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 998.72 | 1584.57 |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 227.81 | 1592.57 |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 6677.01 | 1680.52 |
| Río Opía - Estación Piedras - Pivote | 2122 | 29419.84 | 1594.34 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6 Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos son los regímenes de caudal medio de las unidades hidrográficas en el AI. Se presentan a continuación cada uno.

5.1.6.6.3.5.6.1 Régimen de caudales de la quebrada Innominada 3

El régimen medio de la quebrada Innominada 3 es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 23.54 l/s, con un rango entre 48.54 l/s (mayo) y 11.69 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 6.04 l/s, con rango entre 13.28 l/s (abril) y 2.93 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 79.82 l/s, con rango entre 216.32 l/s (abril) y 28.39 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-210 .

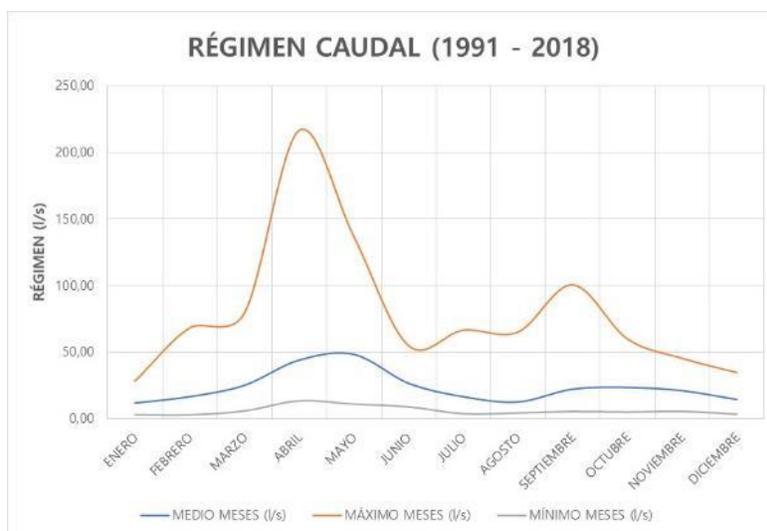


Figura 5.1-210 Régimen de caudales de la quebrada Innominada 3

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.2 Régimen de caudales de la quebrada Agua sucia

El régimen medio de la quebrada Agua Sucia es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 54.66 l/s, con un rango entre 112.71 l/s (mayo) y 27.15 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 14.02 l/s, con rango entre 30.85 l/s (abril) y 6.81 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 185.37 l/s, con rango entre 502.34 l/s (abril) y 65.92 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-211 .

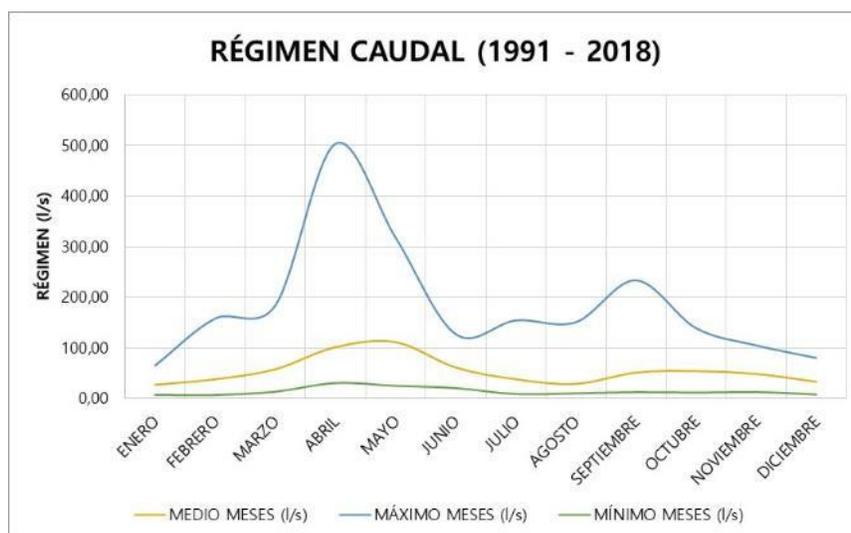


Figura 5.1-211 Régimen de caudales de la quebrada Agua Sucia

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.3 Régimen de caudales de la quebrada Innominada 4

El régimen medio de la quebrada Innominada 4 es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 41.15 l/s, con un rango entre 84.86 l/s (mayo) y 28.73 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 10.55 l/s, con rango entre 23.23 l/s (abril) y 5.13 l/s (febrero). El caudal

medio máximo tiene un valor promedio de 139.57 l/s, con rango entre 378.23 l/s (abril) y 49.63 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-212 .

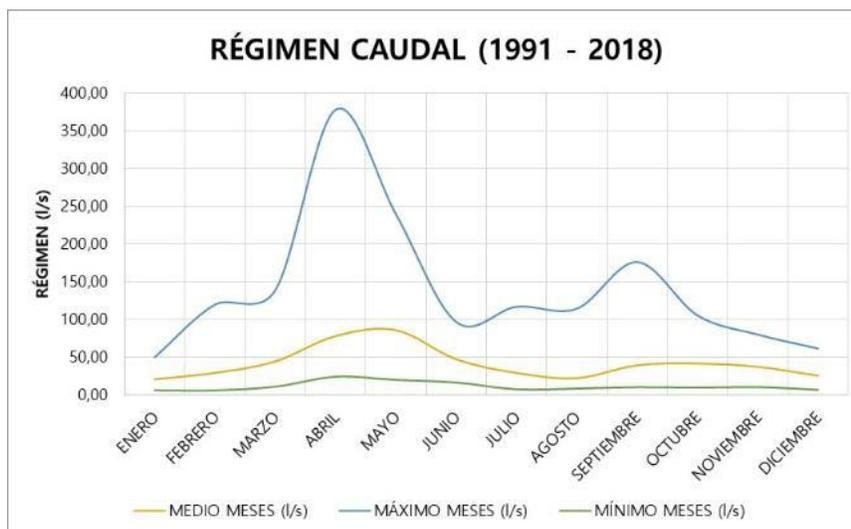


Figura 5.1-212 Régimen de caudales de la quebrada Innominada 4

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.4 Régimen de caudales de la quebrada Rodeo

El régimen medio de la quebrada El Rodeo es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 123.91 l/s, con un rango entre 255.52 l/s (mayo) y 61.55 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 31.78 l/s, con rango entre 69.93 l/s (abril) y 15.44 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 420.24 l/s, con rango entre 1138.2 l/s (abril) y 149.93 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-213 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

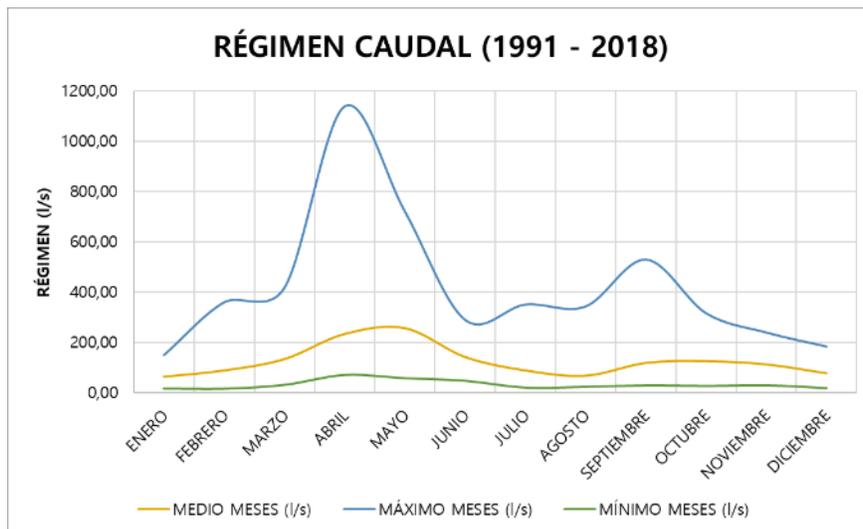


Figura 5.1-213 Régimen de caudales de la quebrada El Rodeo

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.5 Régimen de caudales de la quebrada Honda

El régimen medio de la quebrada Honda es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 87.25 l/s, con un rango entre 179.93 l/s (mayo) y 43.34 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 22.38 l/s, con rango entre 49.24 l/s (abril) y 10.87 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 295.91 l/s, con rango entre 801.90 l/s (abril) y 105.22 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-214 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

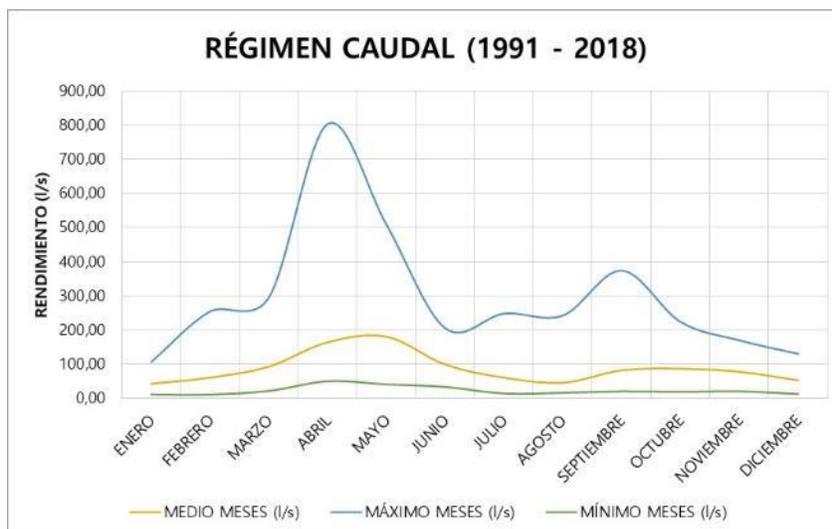


Figura 5.1-214 Régimen de caudales de la quebrada Honda

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.6 Régimen de caudales de la quebrada Ocona

El régimen medio de la quebrada Ocona es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 271.31 l/s, con un rango entre 559.46 l/s (mayo) y 134.76 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 69.58 l/s, con rango entre 153.11 l/s (abril) y 33.80 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 920.11 l/s, con rango entre 2493.44 l/s (abril) y 327.19 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-215 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

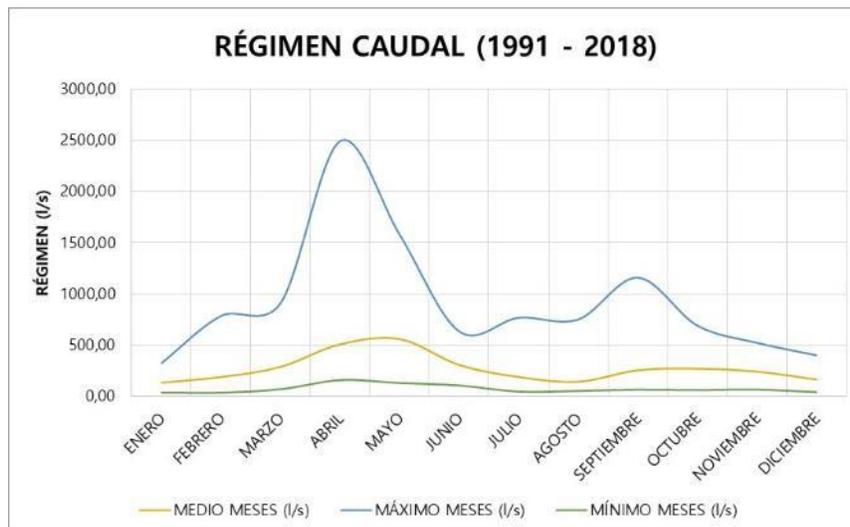


Figura 5.1-215 Régimen de caudales de la quebrada Ocona

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.7 Régimen de caudales de la quebrada Borbona

El régimen medio de la quebrada Borbona es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 288.97 l/s, con un rango entre 595.90 l/s (mayo) y 143.54 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 74.11 l/s, con rango entre 163.08 l/s (abril) y 36.00 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 980.03 l/s, con rango entre 2655.82 l/s (abril) y 348.49 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-216 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

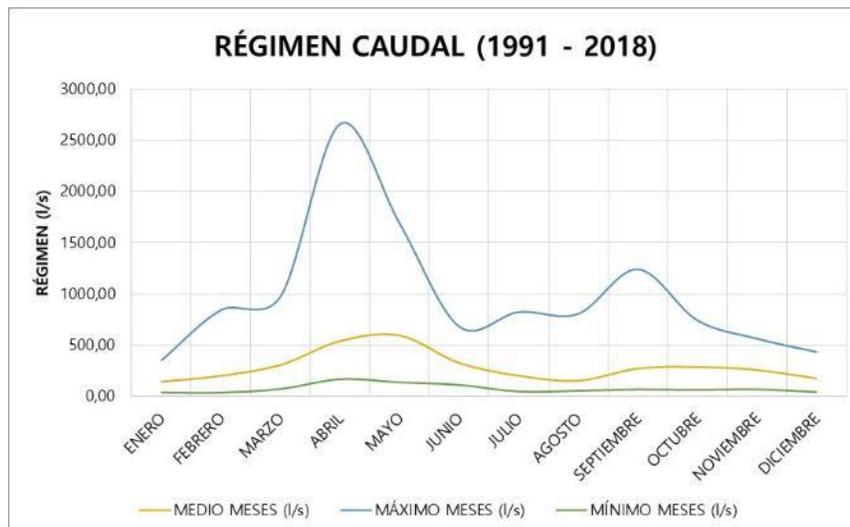


Figura 5.1-216 Régimen de caudales de la quebrada Borbona

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.8 Régimen de caudales de la quebrada Guacarí

El régimen medio de la quebrada Guacarí es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 683.76 l/s, con un rango entre 1409.99 l/s (mayo) y 339.63 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 175.36 l/s, con rango entre 385.88 l/s (abril) y 85.17 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 2318.90 l/s, con rango entre 6284.08 l/s (abril) y 824.59 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-217 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

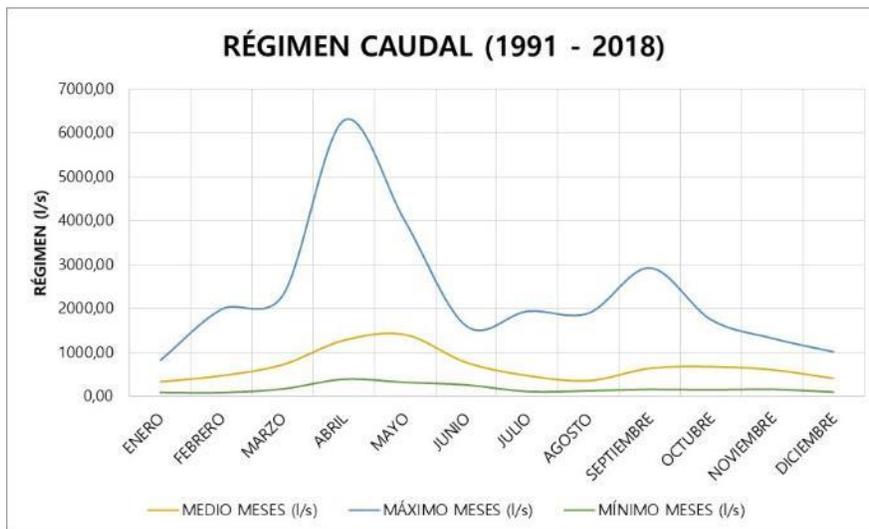


Figura 5.1-217 Régimen de caudales de la quebrada Guacarí

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.9 Régimen de caudales de la quebrada Innominada 1

El régimen medio de la quebrada Innominada 1 es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 44.32 l/s, con un rango entre 91.38 l/s (mayo) y 22.01 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 11.37 l/s, con rango entre 25.01 l/s (abril) y 5.52 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 150.29 l/s, con rango entre 407.28 l/s (abril) y 53.44 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-218 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

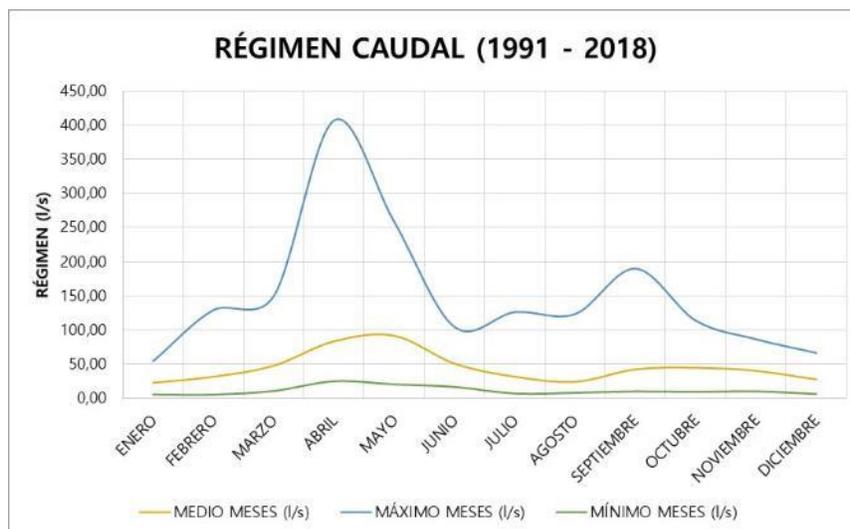


Figura 5.1-218 Régimen de caudales de la quebrada Innominada 1

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.10 Régimen de caudales de la quebrada Zanja Honda

El régimen medio de la quebrada Zanja Honda es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 42.21 l/s, con un rango entre 87.03 l/s (mayo) y 20.96 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 10.82 l/s, con rango entre 23.82 l/s (abril) y 5.26 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 143.14 l/s, con rango entre 387.90 l/s (abril) y 50.90 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-219 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

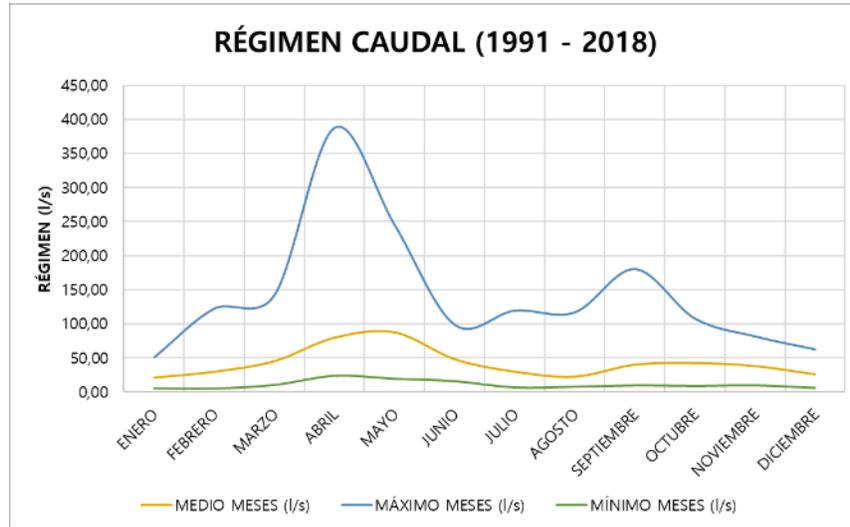


Figura 5.1-219 Régimen de caudales de la quebrada Zanja Honda

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.11 Régimen de caudales de la quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante)

El régimen medio de la quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 50.31 l/s, con un rango entre 103.75 l/s (mayo) y 24.99 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 12.90 l/s, con rango entre 28.39 l/s (abril) y 6.27 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 170.63 l/s, con rango entre 462.39 l/s (abril) y 60.67 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-220 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

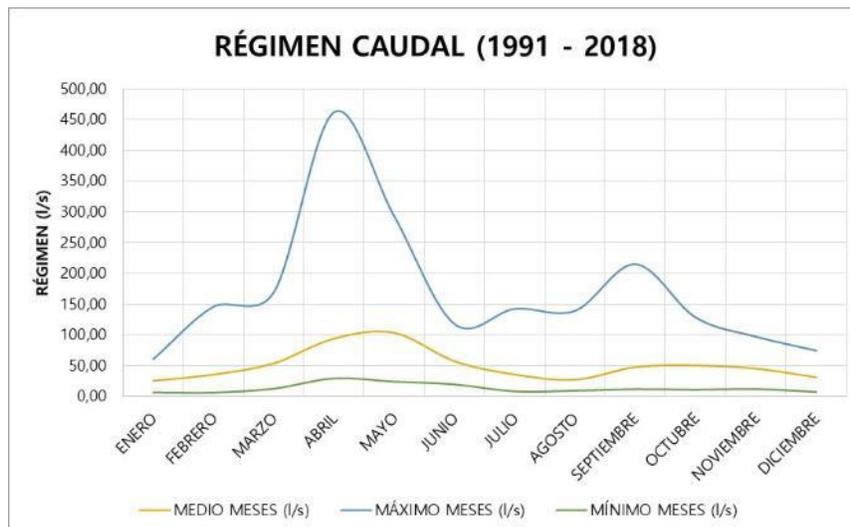


Figura 5.1-220 Régimen de caudales de la quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.12 Régimen de caudales de la quebrada Las Abejas

El régimen medio de la quebrada Las Abejas es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 87.49 l/s, con un rango entre 180.41 l/s (mayo) y 43.46 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 22.44 l/s, con rango entre 49.37 l/s (abril) y 10.90 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 296.70 l/s, con rango entre 804.05 l/s (abril) y 105.51 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-221 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

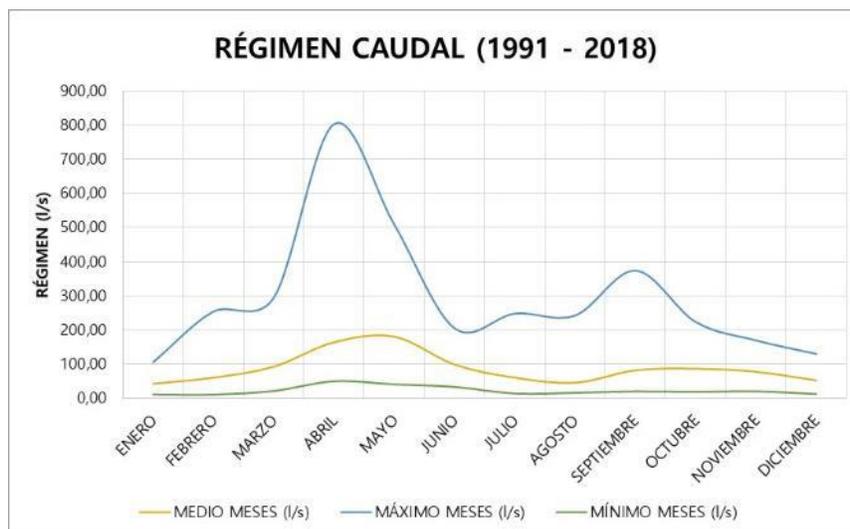


Figura 5.1-221 Régimen de caudales de la quebrada Las Abejas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.13 Régimen de caudales de la quebrada Doima

El régimen medio de la Doima es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 255.57 l/s, con un rango entre 527.02 l/s (mayo) y 126.95 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 65.55 l/s, con rango entre 144.23 l/s (abril) y 31.84 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 866.75 l/s, con rango entre 2348.85 l/s (abril) y 308.21 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-222 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

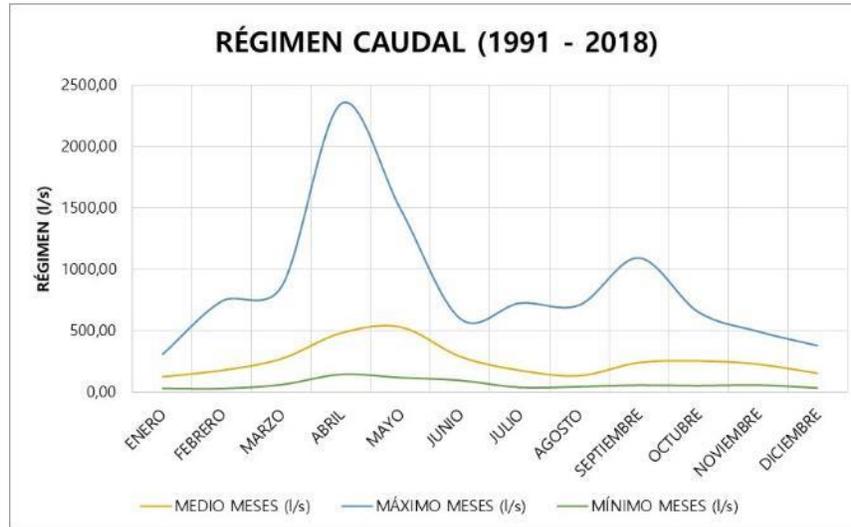


Figura 5.1-222 Régimen de caudales de la quebrada Doima

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.14 Régimen de caudales de la quebrada Garabetera

El régimen medio de la quebrada Garabetera es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 43.84 l/s, con un rango entre 90.40 l/s (mayo) y 21.78 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 11.24 l/s, con rango entre 24.74 l/s (abril) y 5.46 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 148.68 l/s, con rango entre 402.91 l/s (abril) y 52.87 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-223 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

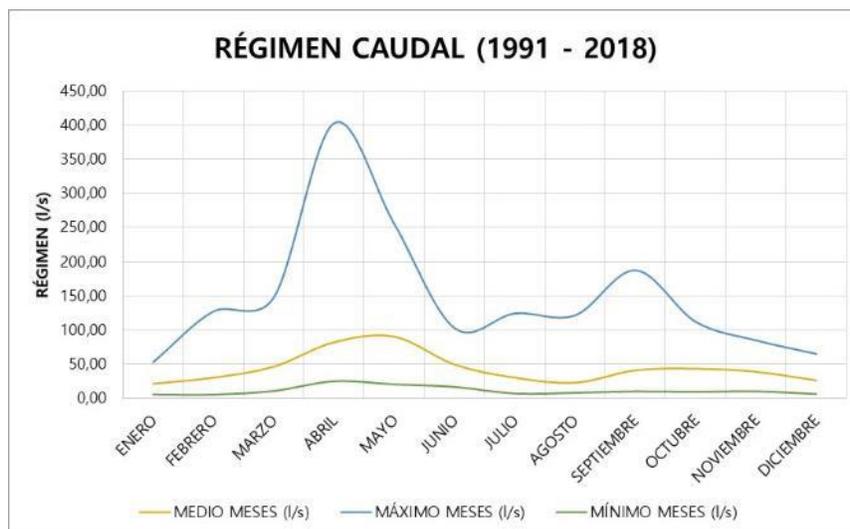


Figura 5.1-223 Régimen de caudales de la quebrada Garabetera

Fuente: Natura Medio Ambiente S.A.S, 2021

5.1.6.6.3.5.6.15 Régimen de caudales de la quebrada La Pedregosa

El régimen medio de la quebrada La Pedregosa es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 119.15 l/s, con un rango entre 245.69 l/s (mayo) y 59.18 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 30.56 l/s, con rango entre 67.24 l/s (abril) y 14.94 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 404.08 l/s, con rango entre 1095.02 l/s (abril) y 143.69 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-224 .

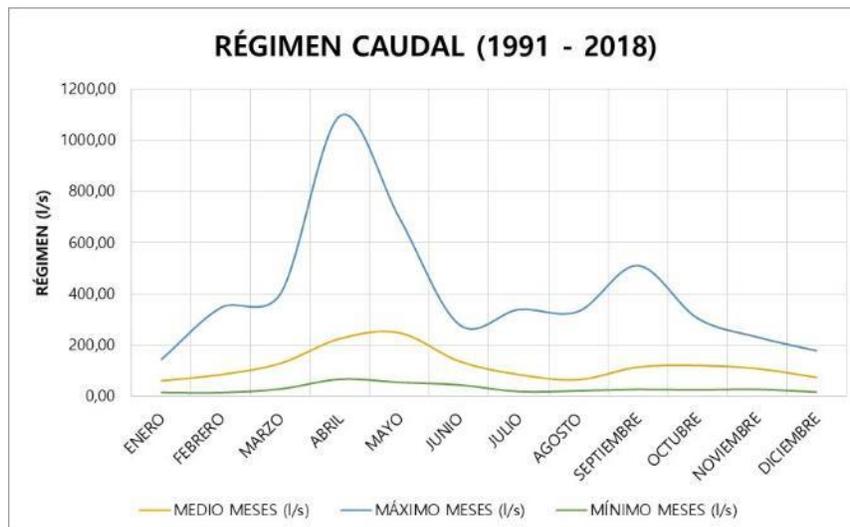


Figura 5.1-224 Régimen de caudales de la quebrada La Pedregosa

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.16 Régimen de caudales de la quebrada Innominada 2

El régimen medio de la quebrada Innominada 2 es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 52.32 l/s, con un rango entre 107.88 l/s (mayo) y 25.99 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 13.42 l/s, con rango entre 29.52 l/s (abril) y 6.52 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 177.43 l/s, con rango entre 480.81 l/s (abril) y 63.09 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-225 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

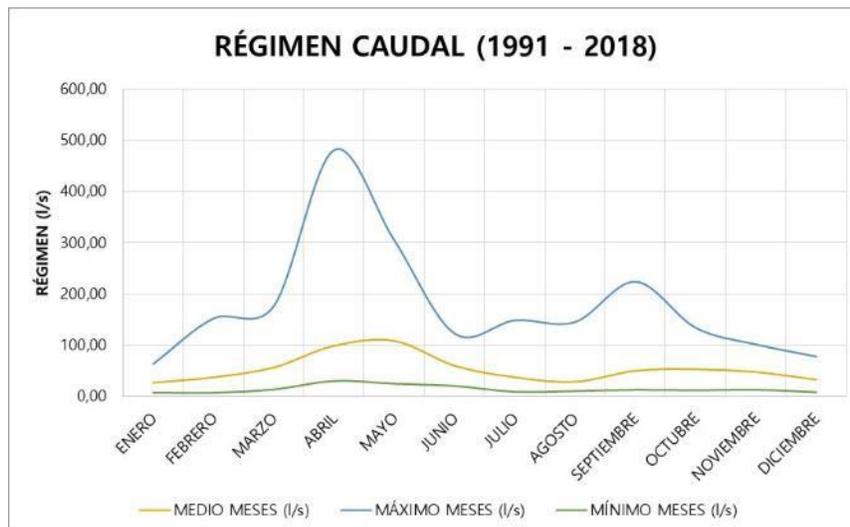


Figura 5.1-225 Régimen de caudales de la quebrada Innominada 2

Fuente: Natura Medio Ambiente S.A.S, 2021

5.1.6.6.3.5.6.17 Régimen de caudales del río Opía

El régimen medio del río Opía es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 380.48 l/s, con un rango entre 784.60 l/s (mayo) y 188.99 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 97.58 l/s, con rango entre 214.73 l/s (abril) y 47.39 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 1290.37 l/s, con rango entre 3496.83 l/s (abril) y 458.85 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-226 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

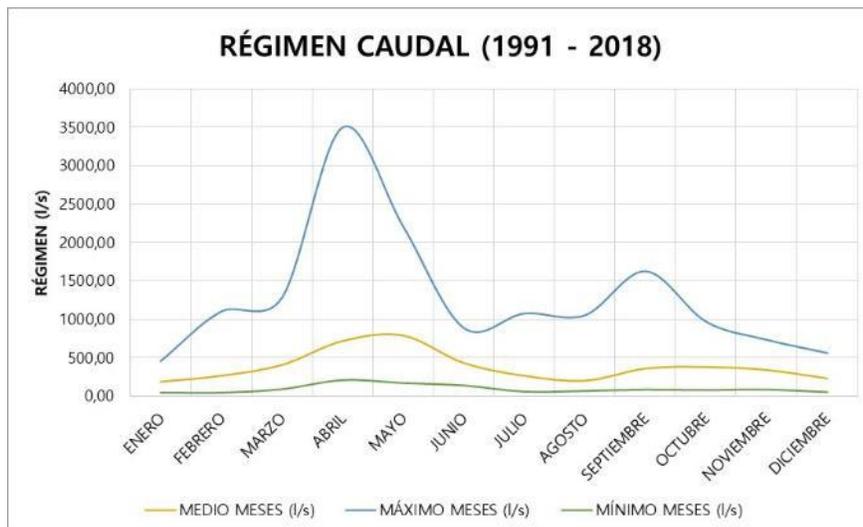


Figura 5.1-226 Régimen de caudales del río Opía

Fuente: Natura Medio Ambiente S.A.S, 2021

5.1.6.6.3.5.6.18 Régimen de caudales de la quebrada San Javier

El régimen medio de la quebrada San Javier es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 122.90 l/s, con un rango entre 253.44 l/s (mayo) y 61.05 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 31.52 l/s, con rango entre 69.36 l/s (abril) y 15.31 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 416.82 l/s, con rango entre 1129.55 l/s (abril) y 148.22 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-227 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

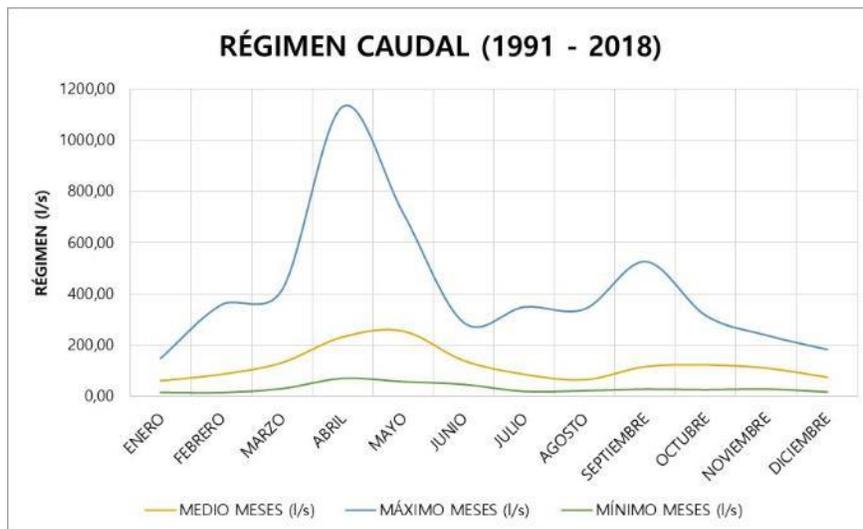


Figura 5.1-227 Régimen de caudales de la quebrada San Javier

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.19 Régimen de caudales de la quebrada Armadillos Dos

El régimen medio de la quebrada Armadillo Dos es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 104.54 l/s, con un rango entre 215.58 l/s (mayo) y 51.93 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 26.81 l/s, con rango entre 59.00 l/s (abril) y 13.68 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 354.54 l/s, con rango entre 960.79 l/s (abril) y 126.07 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-228 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

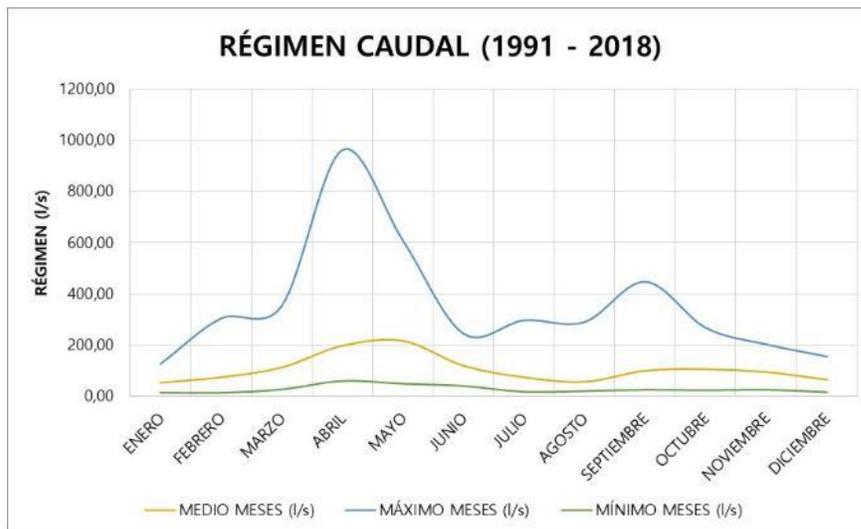


Figura 5.1-228 Régimen de caudales de la quebrada Armadillos Dos

Fuente: Natura Medio Ambiente S.A.S, 2021

5.1.6.6.3.5.6.20 Régimen de caudales de la quebrada Miragatos

El régimen medio de la quebrada Miragatos es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 182.83 l/s, con un rango entre 377.01 l/s (mayo) y 90.81 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 46.89 l/s, con rango entre 103.18 l/s (abril) y 22.77 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 620.04 l/s, con rango entre 1680.28 l/s (abril) y 220.49 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-229 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

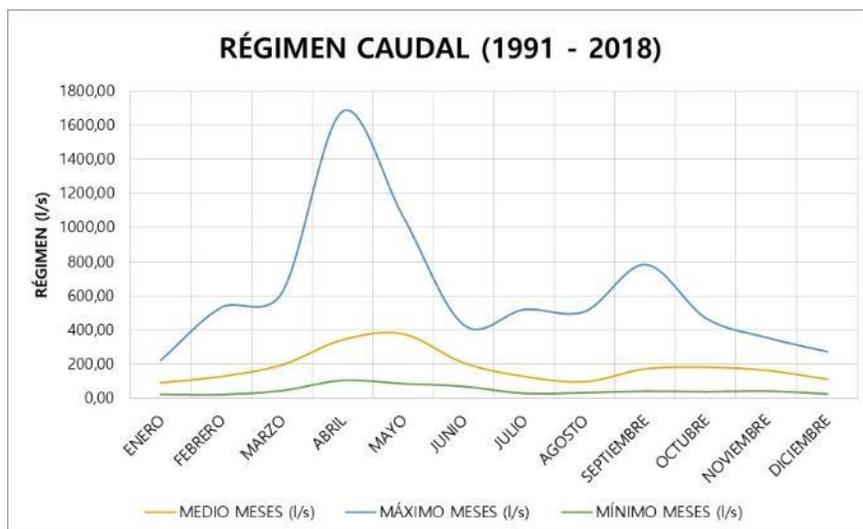


Figura 5.1-229 Régimen de caudales de la quebrada Miragatos

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.21 Régimen de caudales de la quebrada Ambafer

El régimen medio de la quebrada Ambafer es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 41.91 l/s, con un rango entre 86.43 l/s (mayo) y 20.82 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 10.75 l/s, con rango entre 23.65 l/s (abril) y 5.22 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 142.15 l/s, con rango entre 385.20 l/s (abril) y 50.55 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-230 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

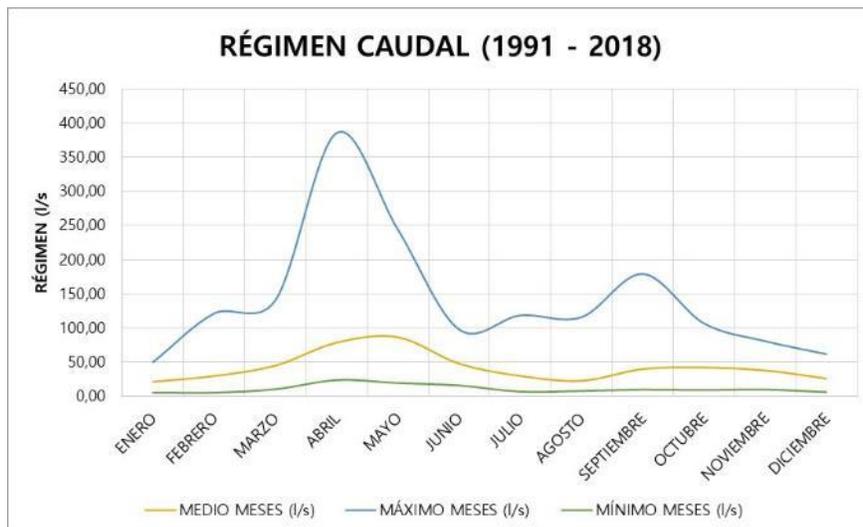


Figura 5.1-230 Régimen de caudales de la quebrada Ambafer

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.3.5.6.22 Régimen de caudales del río Chípalo

El régimen medio del río Chípalo es bimodal, con aumento de caudales entre abril – junio y septiembre-noviembre, siendo la primera temporada la más elevada de caudales medios. El caudal medio tiene un valor promedio en el año de 1296.33 l/s, con un rango entre 2673.17 l/s (mayo) y 643.90 l/s (enero). El caudal medio mínimo tiene un valor promedio de 332.46 l/s, con rango entre 731.59 l/s (abril) y 161.48 l/s (febrero). El caudal medio máximo tiene un valor promedio de 4396.36 l/s, con rango entre 11913.89 l/s (abril) y 1563.33 l/s (enero). El régimen se observa en la Figura 5.1-231 .

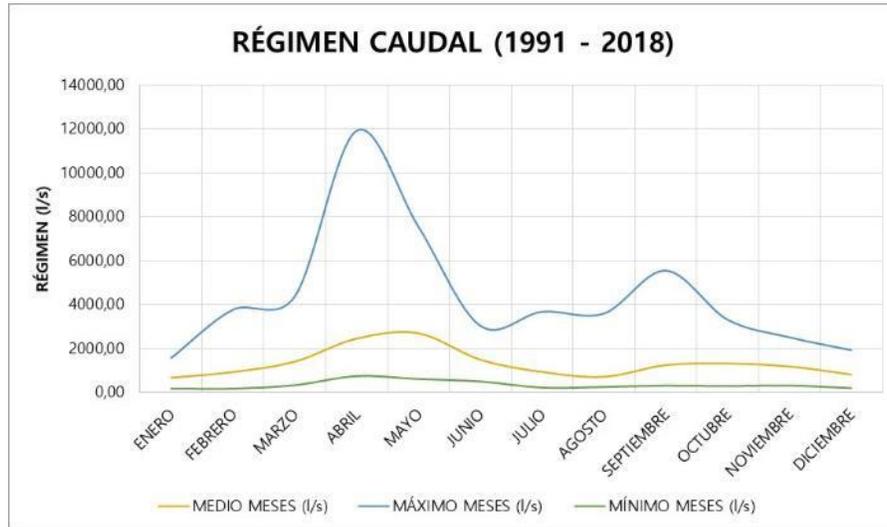


Figura 5.1-231 Régimen de caudales del río Chípalo

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.4 Corrientes extremos de las corrientes del área de influencia Físico-Biótica

Los caudales extremos son el caudal máximo y el mínimo, permiten reconocer de manera amplia el comportamiento de las unidades hidrográficas. A continuación, se presentan los caudales extremos calculados para las unidades hidrográficas delimitadas en el AI.

5.1.6.6.4.1 Caudal mínimo de las corrientes del área de influencia Físico-Biótica

Se llevó a cabo una prueba de bondad de ajuste de los datos de caudal extremo a tres funciones de probabilidad teóricas, teniendo como objetivo la definición de la función de densidad de probabilidad (FDP) que mejor se ajusta a los datos extremos de caudal (máximo y mínimo). Las funciones fueron: Gumbel, Normal y LogNormal (Chow, Maidment, & Mays, 1988). La prueba utilizada fue Kolmogorov-Smirnov (Chow, Maidment, & Mays, 1988) de acuerdo con el paso a paso propuesto por el Manual de drenaje de carreteras (Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2009).

- Ordenar de mayor a menor los datos de la serie de extremos.

- Calcular el valor de la función de distribución de probabilidad observada así:

$$F_0 = 1 - \frac{m}{n + 1}, \text{ donde } m \text{ es el puesto del dato y } n \text{ el número de datos}$$

- Se calcula el valor de probabilidad acumulada para cada dato según la función teórica de probabilidad seleccionada.
- Se calcula el máximo valor de discrepancia entre la función de probabilidad observada y la probabilidad acumulada teórica.
- Se verifica el valor máximo de discrepancia con un valor de referencia de Kolmogorov – Smirnov. Si la discrepancia es menor se acepta la función de probabilidad, en caso contrario se rechaza.

El desarrollo de las pruebas se presenta en el Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrología – Caracterización caudales. Los resultados de las pruebas de bondad de ajuste se presentan en la Tabla 5.1-101.

Tabla 5.1-101 Resultados prueba de bondad de ajuste caudales mínimos anuales estación Piedras

| PARÁMETRO | VALOR |
|---------------------|--------------|
| Número datos | 28 |
| Promedio | 0,619101801 |
| Desviación estándar | 0,320787111 |
| α Gumbel | 0,250116685 |
| u Gumbel | 0,474734451 |
| D max Gumbel | 0,085130067 |
| Promedio Ln X | -0,616874928 |
| Desviación Ln X | 0,563354912 |
| D max LogNormal | 0,047286907 |
| Alfa Kolmogorov | 0,216 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

La FDP más adecuada es LogNormal, por lo que se procede a hacer los cálculos de caudales mínimos a diferentes tiempos de retorno con el factor de frecuencia de esa función (ver Tabla 5.1-102).

Tabla 5.1-102 Inferencia de caudales mínimos anuales estación Piedras en el río Opía

| LOG NORMAL - MÍNIMOS INFERENCIA | | | | | |
|---------------------------------|------------|-------|--------|-------------------------|--------------------------------------|
| Periodo de Retorno | w | Kt | LnQ Tr | Qtr (m ³ /s) | RENDIMIENTO (l/s/km ² /m) |
| 2,33 | 1,69173654 | 0,709 | -1,02 | 0,362 | 0,772 |
| 5 | 3,21887582 | 2,535 | -2,04 | 0,129 | 0,276 |
| 10 | 4,60517019 | 4,057 | -2,90 | 0,055 | 0,117 |
| 25 | 6,43775165 | 5,997 | -4,00 | 0,018 | 0,039 |
| 50 | 7,82404601 | 7,438 | -4,81 | 0,008 | 0,017 |
| 100 | 9,21034037 | 8,865 | -5,61 | 0,004 | 0,008 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021).

Ahora bien, en concordancia de la metodología de cálculo precipitación-área-caudal se calculó el caudal generado por unidad de área y unidad de lámina de precipitación (ver Figura 5.1-232).

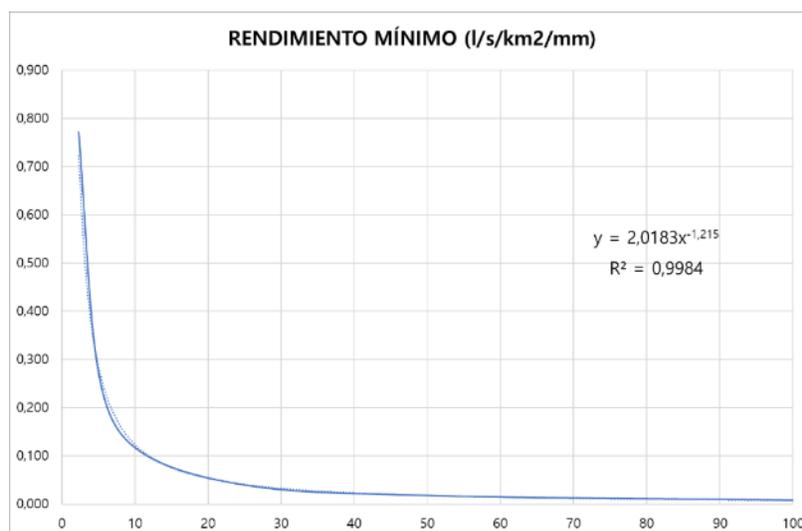


Figura 5.1-232 Rendimiento de caudales mínimos contra tiempo de retorno de la estación Piedras en el río Opía

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Por último, se calculó el caudal mínimo para las diferentes unidades hidrográficas delimitadas en el AI, tal como se presenta en la **Tabla 5.1-103**.

Tabla 5.1-103 Caudales mínimos de las unidades hidrográficas del área de influencia

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | ÁREA [ha] | P TOTAL ANUAL (mm) | CAUDAL MÍNIMO (l/s) - TIEMPO DE RETORNO (AÑOS) | | | | | |
|---|------------|-----------|--------------------|--|-------|-------|------|------|------|
| | | | | 2,33 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 284,89 | 1660,74 | 3.69 | 1.56 | 0.72 | 0.26 | 0.12 | 0.05 |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 227,81 | 1592,57 | 2.83 | 1.20 | 0.55 | 0.20 | 0.09 | 0.04 |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 586,87 | 1541,93 | 7.05 | 2.99 | 1.37 | 0.49 | 0.22 | 0.10 |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 1626,96 | 1537,43 | 19.49 | 8.26 | 3.79 | 1.35 | 0.62 | 0.28 |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 1386,14 | 1595,96 | 17.24 | 7.30 | 3.35 | 1.19 | 0.55 | 0.25 |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 655,68 | 1635,81 | 8.36 | 3.54 | 1.62 | 0.58 | 0.27 | 0.12 |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 260,47 | 1456,90 | 2.96 | 1.25 | 0.57 | 0.20 | 0.09 | 0.04 |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 3997,99 | 1480,38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 461,43 | 1636,78 | 5.89 | 2.49 | 1.14 | 0.41 | 0.19 | 0.09 |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 280,91 | 1365,54 | 2.99 | 1.27 | 0.58 | 0.21 | 0.09 | 0.04 |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 302,28 | 1498,10 | 3.53 | 1.49 | 0.69 | 0.24 | 0.11 | 0.05 |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 121,54 | 1676,21 | 1.59 | 0.67 | 0.31 | 0.11 | 0.05 | 0.02 |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 217,87 | 1635,01 | 2.78 | 1.18 | 0.54 | 0.19 | 0.09 | 0.04 |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 676,25 | 1525,07 | 8.04 | 3.40 | 1.56 | 0.56 | 0.26 | 0.12 |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 513,23 | 1475,53 | 5.90 | 2.50 | 1.15 | 0.41 | 0.19 | 0.09 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 305,08 | 1427,45 | 3.39 | 1.44 | 0.66 | 0.24 | 0.11 | 0.05 |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 998,72 | 1584,57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 1533,25 | 1531,65 | 18.30 | 7.75 | 3.55 | 1.27 | 0.58 | 0.27 |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 680,17 | 1564,09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 261,59 | 1396,59 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 6677,01 | 1680,52 | 87.45 | 37.04 | 16.98 | 6.06 | 2.78 | 1.27 |
| Río Opía | 2122-99-08 | 2065,52 | 1594,48 | 25.67 | 10.87 | 4.98 | 1.78 | 0.82 | 0.37 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Las unidades hidrográficas asociadas a los drenajes intermitentes tienen un caudal mínimo de 0 l/s debido a que se secan todos los años.

5.1.6.6.4.2 Caudal máximo de las corrientes del área de influencia físico biótico

Para el cálculo de los caudales máximos se empleó la metodología de transposición de datos de caudal, explicada en el Manual de drenaje para carreteras del INVIAS (Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2009). Según esa metodología, se pueden transferir caudales

máximos instantáneos anuales de diferentes periodos de retorno de una estación hidrométrica que no se encuentre exactamente en el sitio del proyecto, sino en la misma hoya hidrográfica, en otra ubicación, mediante relaciones de áreas de drenaje, así:

$$Q_{SP} = Q_{EH} X \left(\frac{A_{SP}}{A_{EH}} \right)^X$$

Donde:

Q_{SP} : Caudal en el sitio de proyecto, en metros cúbicos por segundo (m³/s).

Q_{EH} : Caudal en la estación hidrométrica, en metros cúbicos por segundo (m³/s).

A_{SP} : Área hoya hidrográfica hasta el sitio de proyecto, en kilómetros cuadrados (km²).

A_{EH} : Área hoya hidrográfica hasta la estación hidrométrica, en kilómetros cuadrados (km²).

El exponente x es un valor que fluctúa usualmente entre 0.5 y 0.75. Se usó el x de 0.75 porque las cuencas no instrumentadas tienen una baja extensión al lado de la cuenca de referencia.

La misma metodología se puede aplicar para hoyas hidrográficas que sean hidrológica y climatológicamente homogéneas.

En la Tabla 5.1-104 se presentan los resultados de caudales máximos generados para las unidades hidrográficas a partir de la metodología previamente presentada.

Tabla 5.1-104 Caudales máximos de las unidades hidrográficas del área de influencia

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | CAUDAL MÁXIMO (l/s) - TIEMPO DE RETORNO (AÑOS) | | | | | |
|-------------------------|------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 2,33 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 6066,1 | 7905,6 | 9575,4 | 11782,8 | 13452,6 | 15122,4 |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 5129,6 | 6685,1 | 8097,1 | 9963,6 | 11375,6 | 12787,7 |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 10430,7 | 13593,6 | 16464,8 | 20260,4 | 23131,6 | 26002,8 |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 22409,9 | 29205,3 | 35374,0 | 43528,6 | 49697,3 | 55866,0 |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 19873,0 | 25899,2 | 31369,6 | 38601,0 | 44071,4 | 49541,8 |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 11335,2 | 14772,4 | 17892,6 | 22017,3 | 25137,5 | 28257,7 |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 5671,9 | 7391,8 | 8953,0 | 11016,9 | 12578,2 | 14139,5 |

| CORRIENTE - PUNTO | CÓDIGO | CAUDAL MÁXIMO (l/s) - TIEMPO DE RETORNO (AÑOS) | | | | | |
|---|------------|--|---------|----------|----------|----------|----------|
| | | 2,33 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 43983,4 | 57320,7 | 69427,9 | 85432,7 | 97539,9 | 109647,1 |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 8709,4 | 11350,3 | 13747,7 | 16916,9 | 19314,3 | 21711,7 |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 6002,5 | 7822,6 | 9474,9 | 11659,1 | 13311,4 | 14963,7 |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 6341,8 | 8264,9 | 10010,6 | 12318,2 | 14063,9 | 15809,6 |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 3202,3 | 4173,3 | 5054,8 | 6220,0 | 7101,5 | 7983,0 |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 4960,9 | 6465,2 | 7830,8 | 9636,0 | 11001,6 | 12367,2 |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 11600,8 | 15118,5 | 18311,8 | 22533,2 | 25726,5 | 28919,8 |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 9432,8 | 12293,1 | 14889,6 | 18322,1 | 20918,6 | 23515,1 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 6385,9 | 8322,3 | 10080,2 | 12403,9 | 14161,7 | 15919,6 |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 15541,4 | 20254,1 | 24532,2 | 30187,5 | 34465,5 | 38743,6 |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 21434,7 | 27934,4 | 33834,7 | 41634,4 | 47534,7 | 53435,0 |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 11651,2 | 15184,2 | 18391,4 | 22631,1 | 25838,3 | 29045,5 |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 5690,2 | 7415,6 | 8981,9 | 11052,5 | 12618,8 | 14185,1 |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 64616,7 | 84210,6 | 101997,5 | 125510,4 | 143297,3 | 161084,1 |
| Río Opía | 2122-99-08 | 26802,8 | 34930,3 | 42308,3 | 52061,3 | 59439,3 | 66817,2 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.5 Curva de duración de caudales-caudales característicos

La curva de duración de caudales – CDC es una herramienta que representa de manera condensada el comportamiento de los caudales en una corriente dada con respecto a la probabilidad de excedencia. En las CDC se puede observar de manera objetiva cuál es el comportamiento de sostenimiento de caudales y calcular valores de referencia o caudales característicos que son parámetros de interés para la gestión del recurso hídrico superficial.

Una CDC se construye a partir de resultados de caudales medidos en una corriente superficial. En el estudio se cuenta con información de caudales medios diarios de la estación Piedras en el río Opía. El cálculo y construcción de la CDC se presenta en el

Anexo D. CAP_5_CAR_ÁREA_INFLUENCIA - D.1. MEDIO ABIÓTICO – Hidrología - – Caracterización caudales y los resultados se presentan en la Figura 5.1-233 a la Figura 5.1-255 . Se observa en las CDC que las unidades hidrográficas tienen una rama descendente con muy alta pendiente, lo que indica que la retención de caudales es muy baja en la cuenca. Esto se corrobora con el cálculo de IRH presentado en el numeral 5.1.6.9.2 Índice de retención y regulación hídrica, IRH.

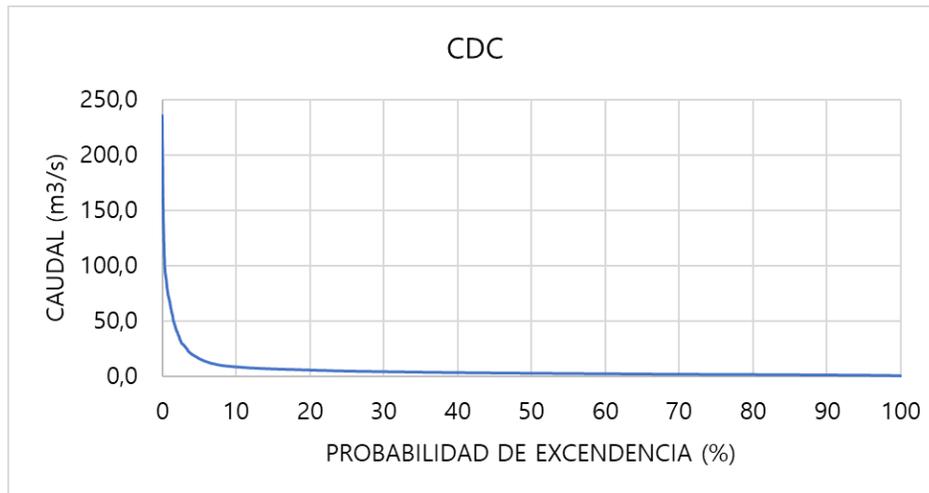


Figura 5.1-233 CDC de la estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

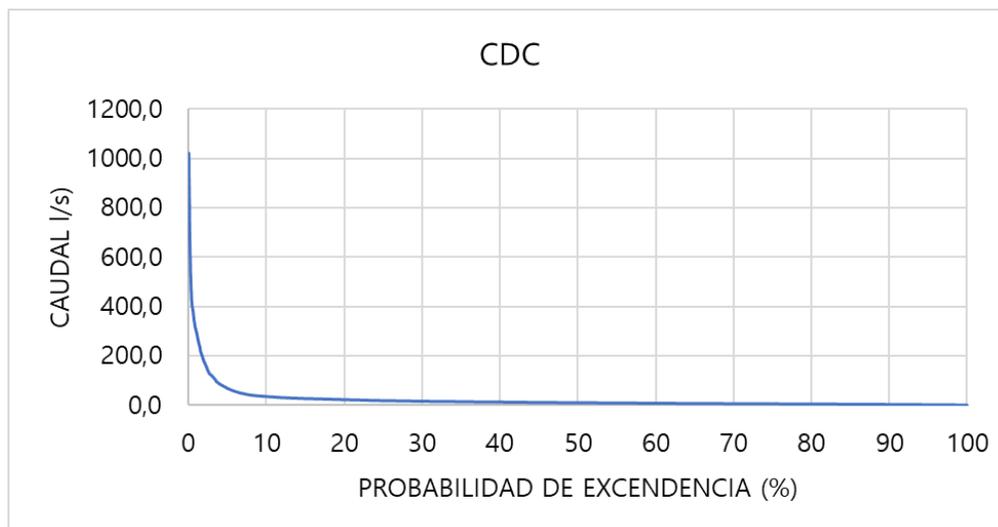


Figura 5.1-234 CDC de la Quebrada Innominada 3 estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

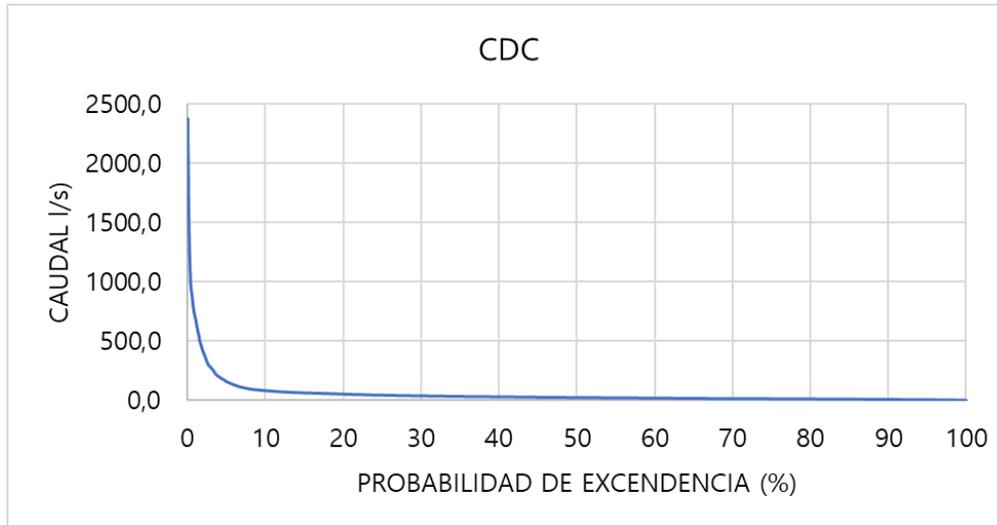


Figura 5.1-235 CDC de la Quebrada Agua Sucia estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

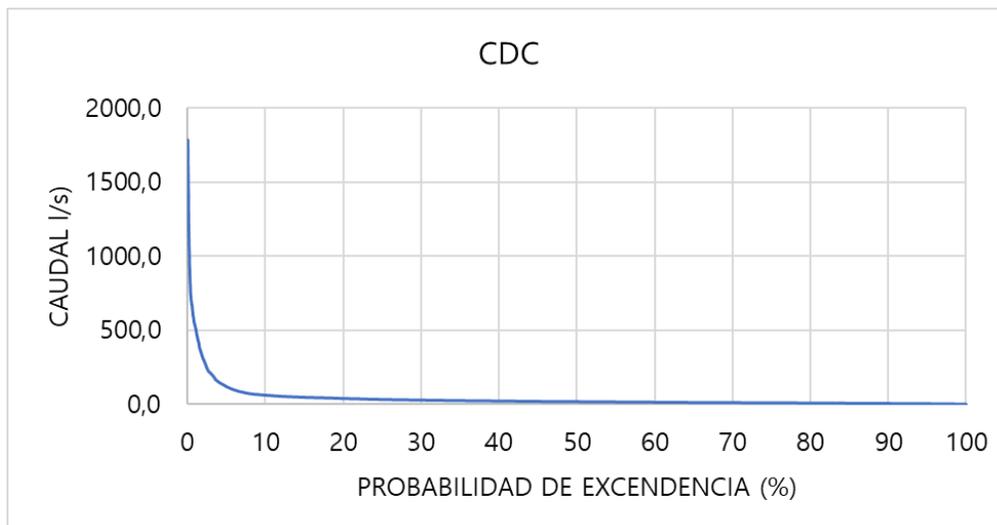


Figura 5.1-236 CDC de la Quebrada Innominada 4 estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

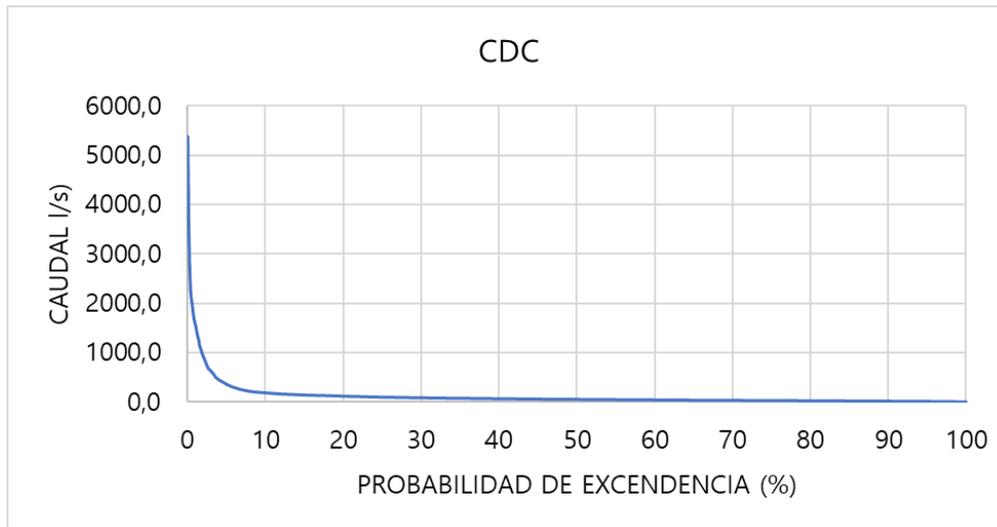


Figura 5.1-237 CDC de la Quebrada El Rodeo estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

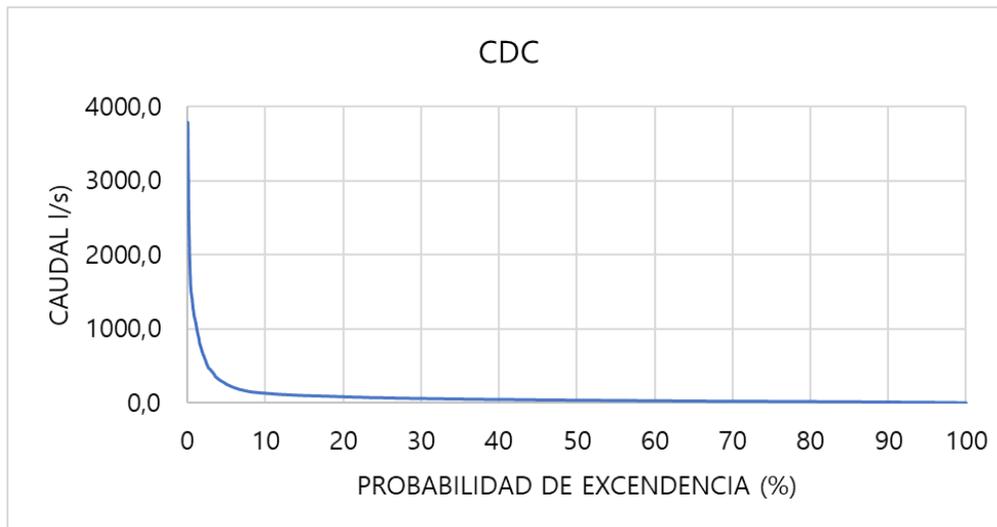


Figura 5.1-238 CDC de la Quebrada Honda estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

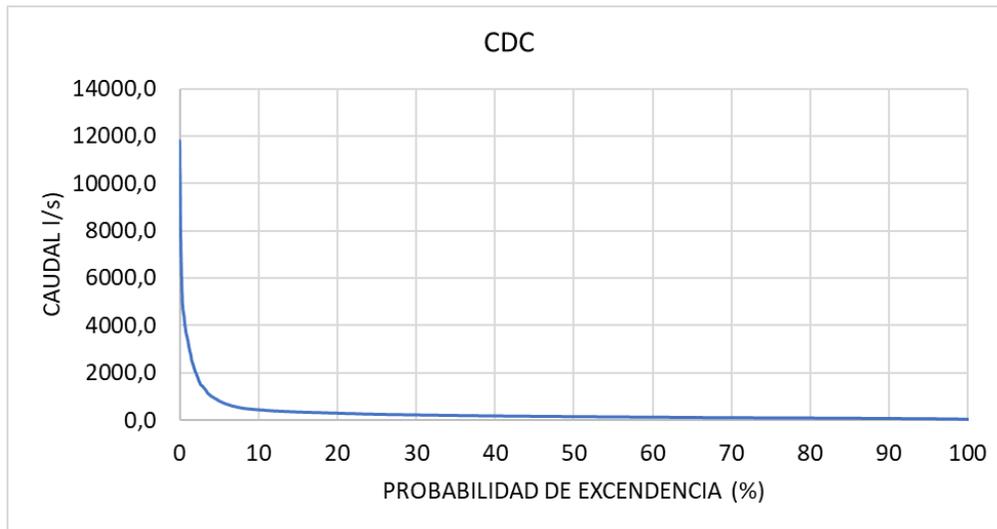


Figura 5.1-239 CDC de la Quebrada Ocona estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

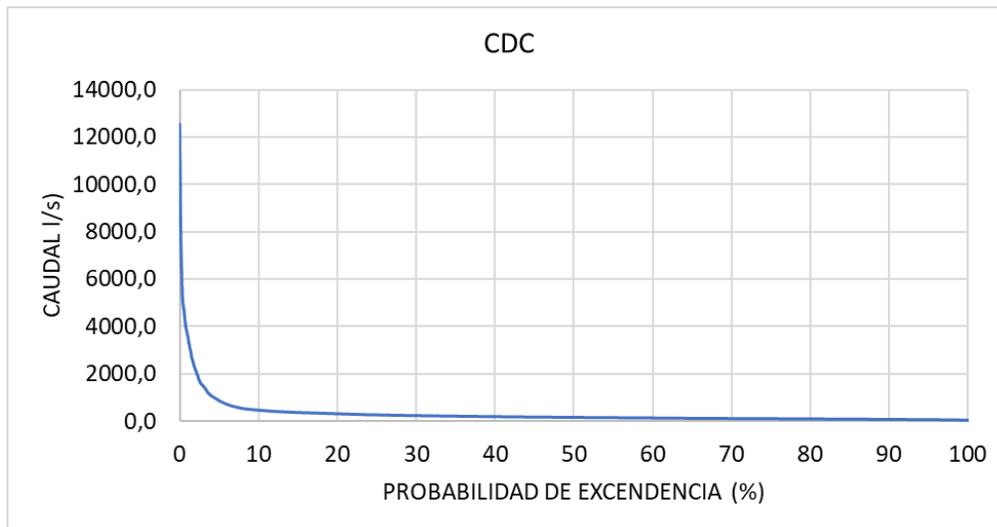


Figura 5.1-240 CDC de la Quebrada Borbona estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

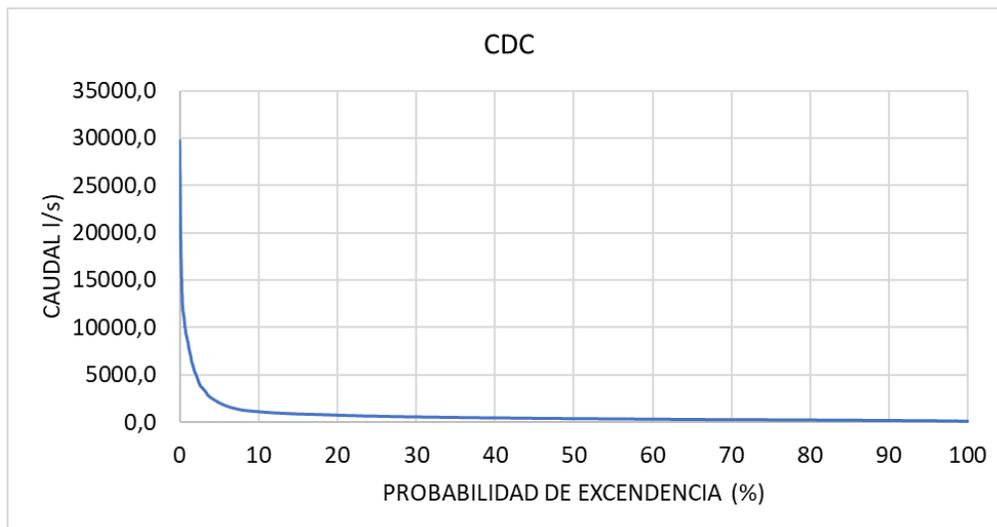


Figura 5.1-241 CDC de la Quebrada Guacarí estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

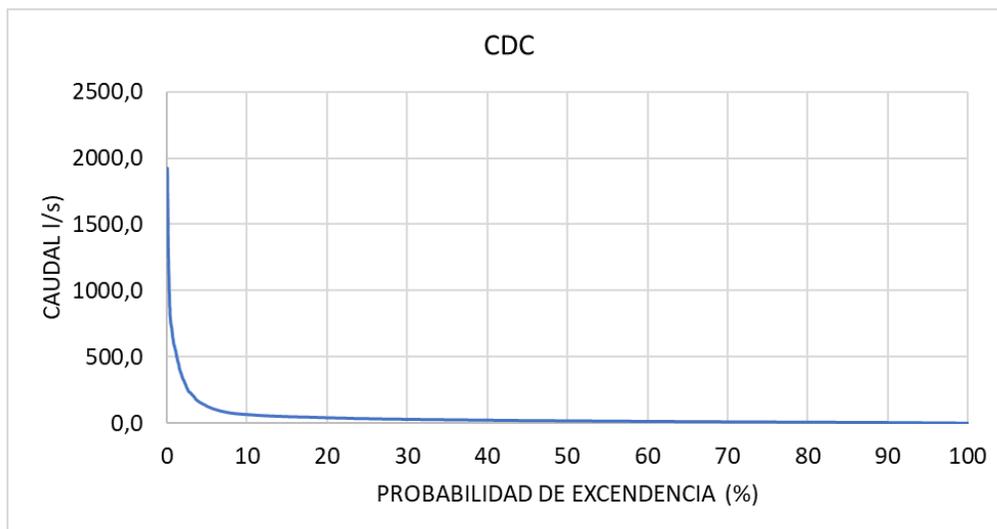


Figura 5.1-242 CDC de la Quebrada Innominada 1 estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

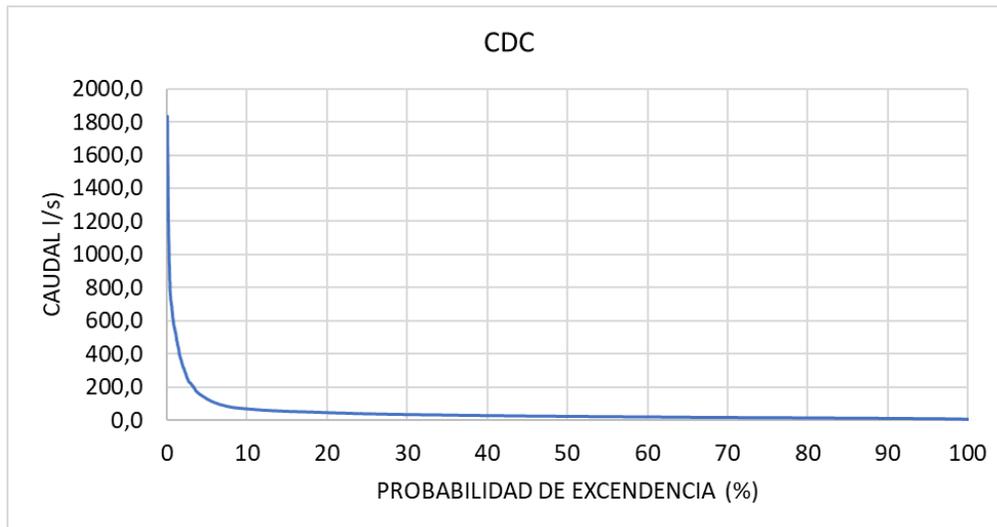


Figura 5.1-243 CDC de la Quebrada Zanja Honda estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

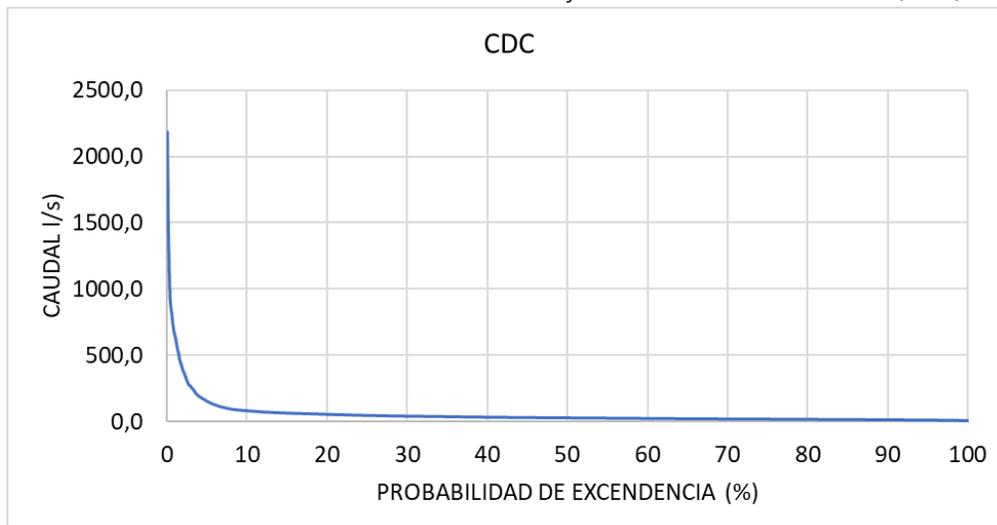


Figura 5.1-244 CDC de la Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

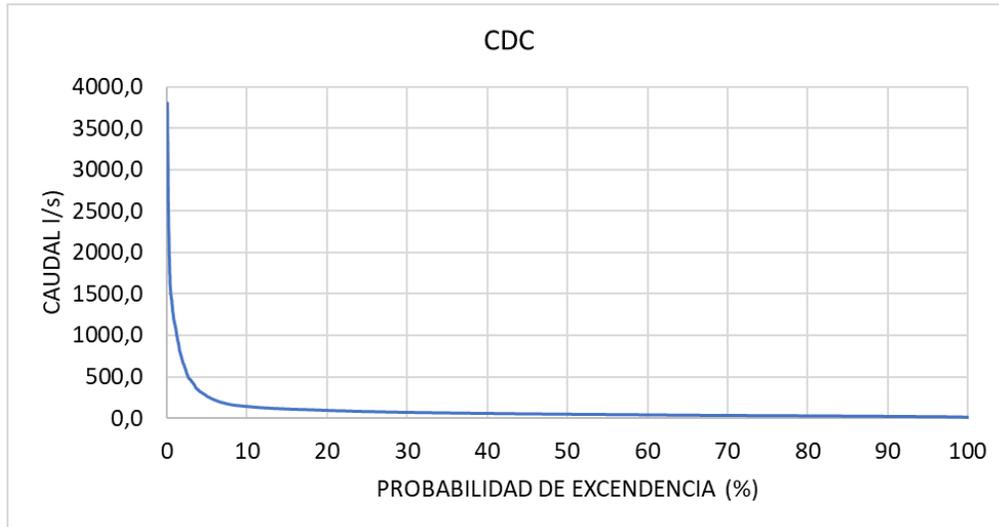


Figura 5.1-245 CDC de la Quebrada Las Abejas estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

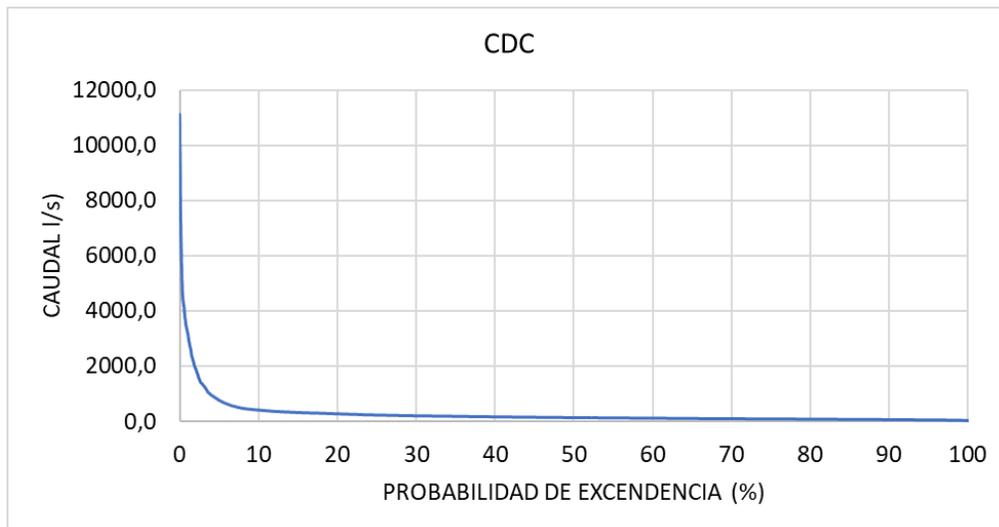


Figura 5.1-246 CDC de la Quebrada Doima estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

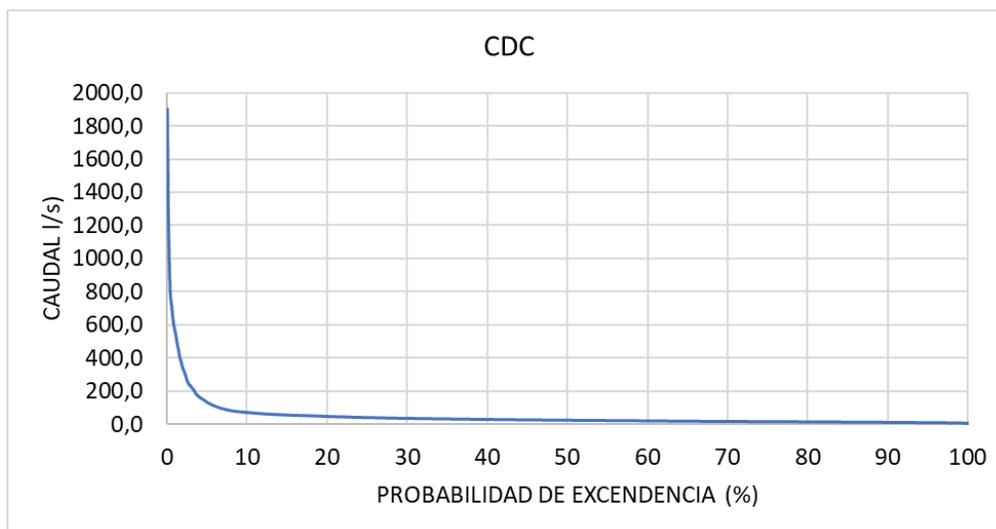


Figura 5.1-247 CDC de la Quebrada Garabetera estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

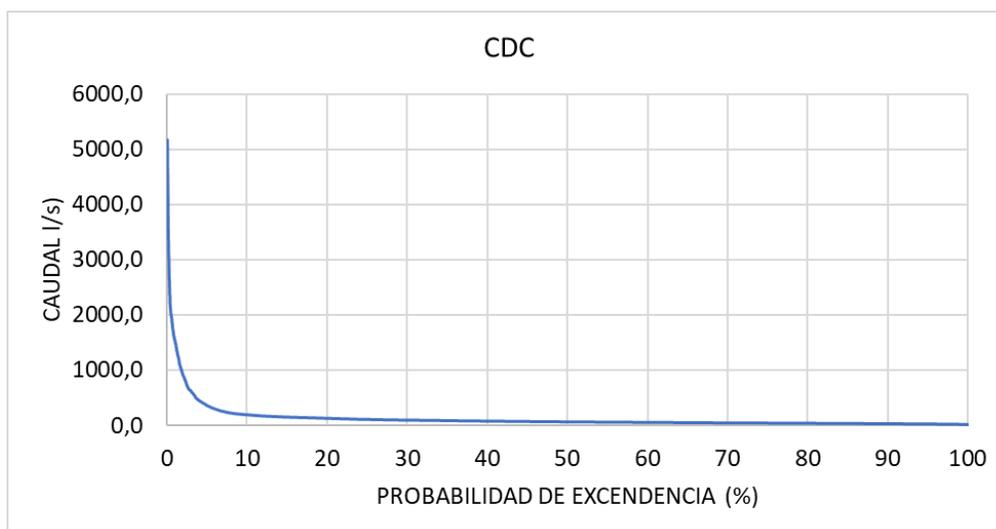


Figura 5.1-248 CDC de la Quebrada La Pedregosa estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

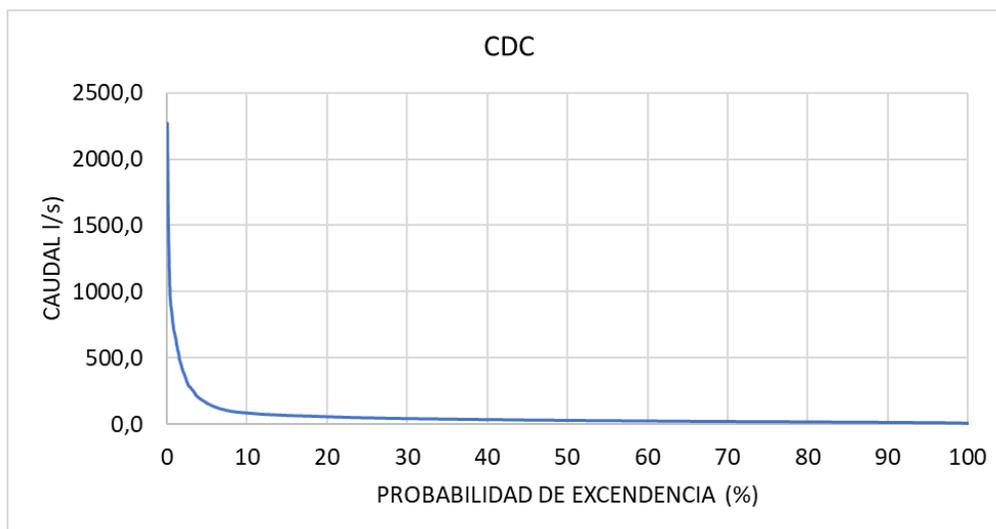


Figura 5.1-249 CDC de la Quebrada Innominada 2 estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

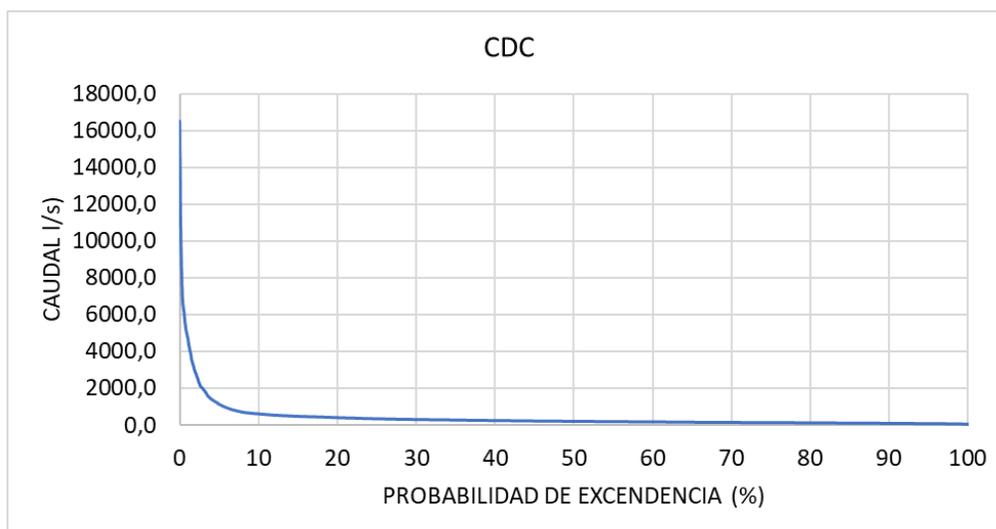


Figura 5.1-250 CDC del Río Opía estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

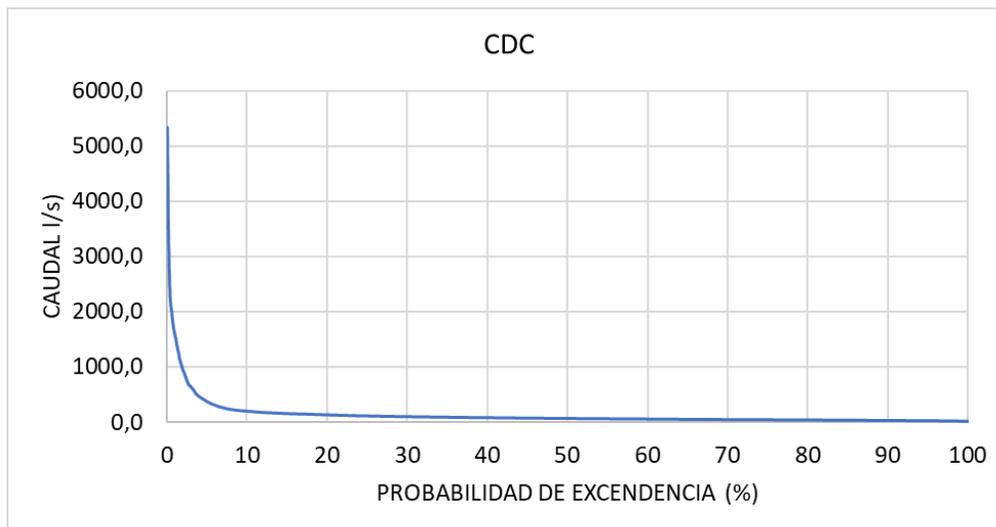


Figura 5.1-251 CDC de la Quebrada San Javier estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

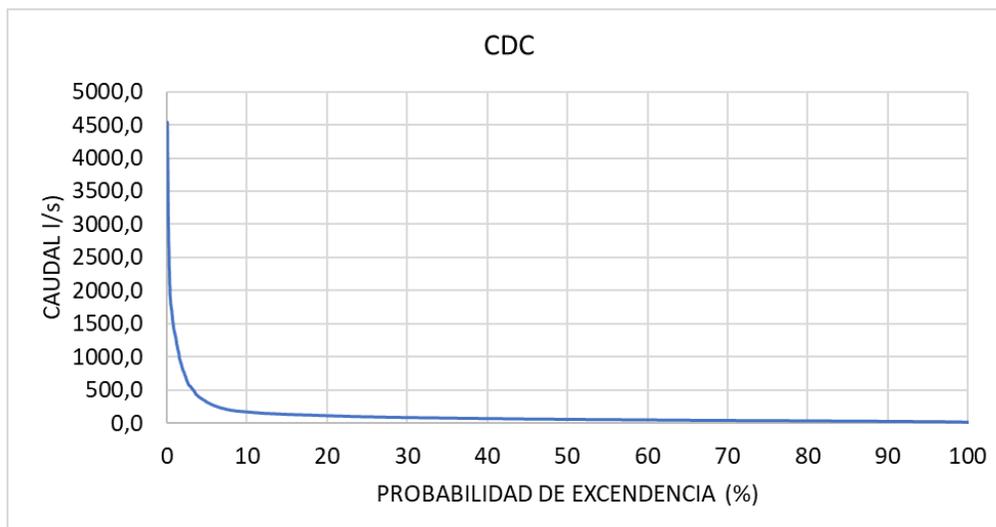


Figura 5.1-252 CDC de la Quebrada Armadillos Dos estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

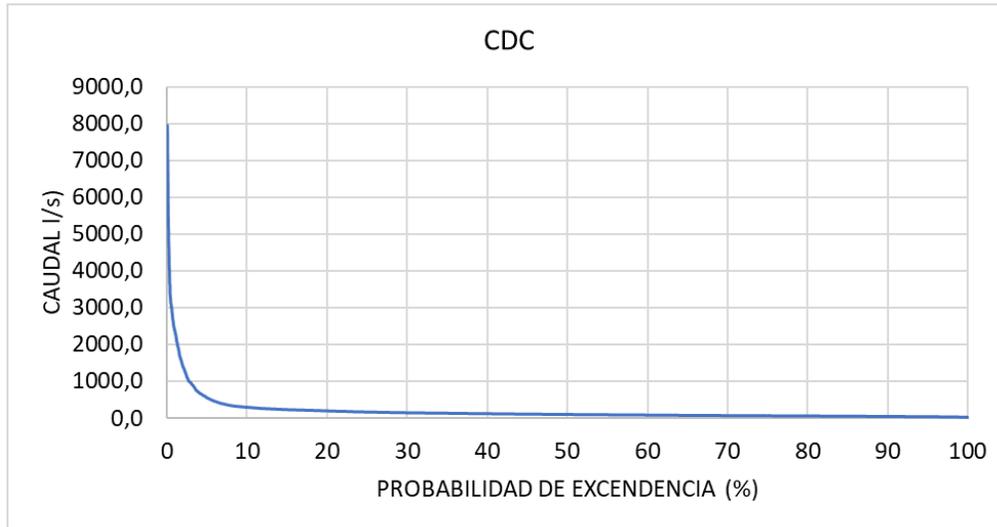


Figura 5.1-253 CDC de la Quebrada Miragatos estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

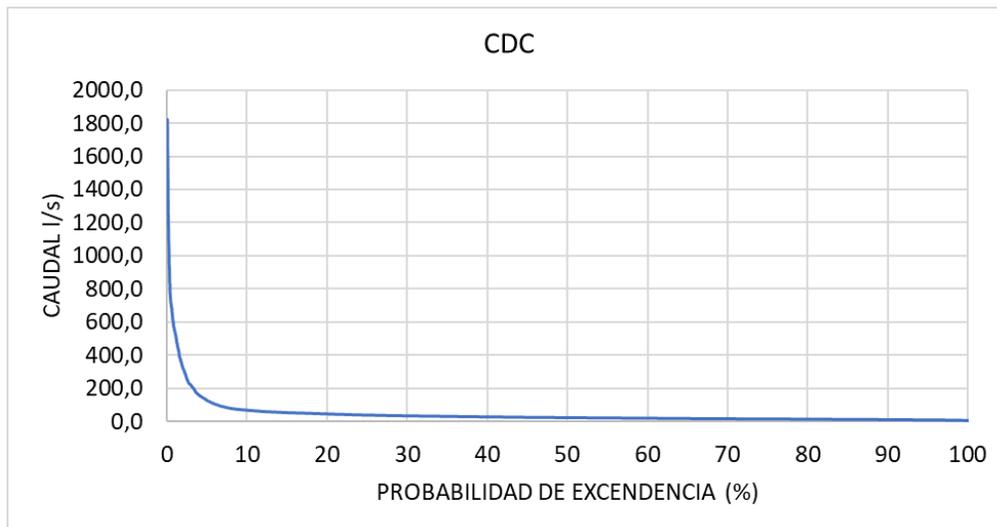


Figura 5.1-254 CDC de la Quebrada Ambafer estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

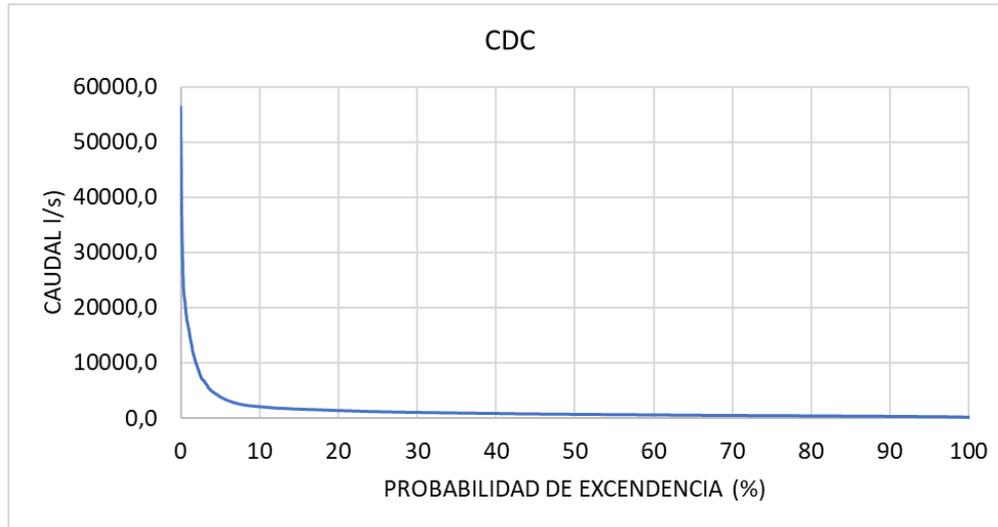


Figura 5.1-255 CDC del Río Chípalo estación Piedras [1991 - 2018]

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.6 Caudal Ambiental

De acuerdo con lo enunciado en el Estudio Nacional del Agua (ENA, 2014), el caudal ambiental es aquella parte de la oferta hídrica total, destinada a mantener y conservar los ecosistemas fluviales y las necesidades de los usuarios aguas abajo, con respecto a punto dado. Para su cálculo se puede utilizar diversas metodologías que pueden ser: análisis del caudal ambiental en los servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas dulceacuícolas y conexos, cálculos en función del caudal medio, cálculo basado en la curva de duración de caudal (CDC), entre otros. Se optó por utilizar la información de la CDC al ser usada en el ENA 2014 para el cálculo del caudal ambiental. El algoritmo de la metodología se presenta en la Figura 5.1-256 .

Ibagué y Piedras (Tolima)

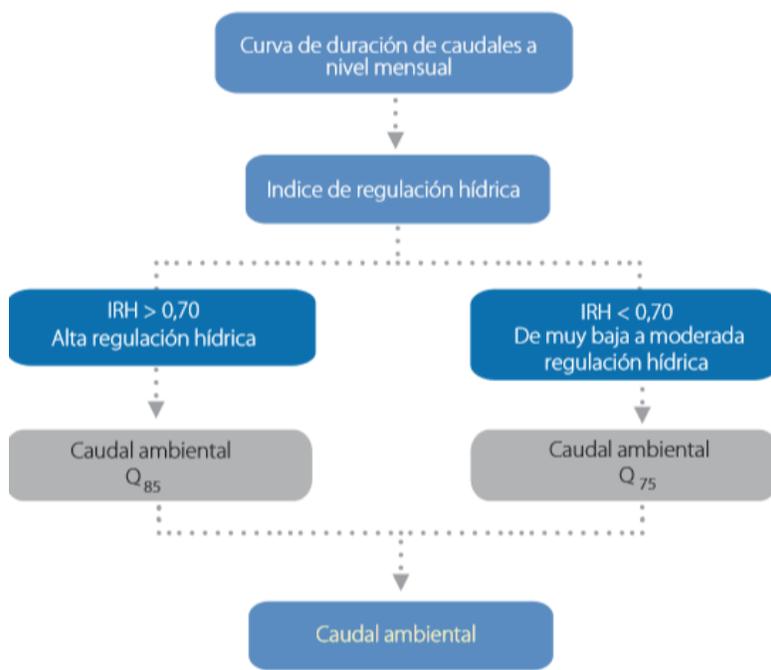


Figura 5.1-256 Metodología para el cálculo del caudal ambiental a partir de la CDC

Fuente: *modificado de ENA 2014*²² modificado, OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

El IRH calculado para las unidades hidrográficas del área de influencia es de 0.383 por lo que el caudal ambiental se define como el Q75 de las curvas de duración de caudal. En la Tabla 5.1-105 se presenta el caudal ambiental estimado.

Tabla 5.1-105 Caudal ambiental en las unidades hidrográficas en el AI

| NOMBRE UNIDAD HIDROGRÁFICA | CÓDIGO UNIDAD HIDROGRÁFICA | CAUDAL AMBIENTAL (l/s) |
|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 15,8 |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 12,2 |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 30,3 |

²² IDEAM (2014). Estudio Nacional del Agua [en línea]. <

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019252/ESTUDIONACIONALDELAGUA.pdf>

| NOMBRE UNIDAD HIDROGRÁFICA | CÓDIGO UNIDAD HIDROGRÁFICA | CAUDAL AMBIENTAL (l/s) |
|---|----------------------------|------------------------|
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 83,8 |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 74,1 |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 35,9 |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 12,7 |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 198,2 |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 25,3 |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 12,8 |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 15,2 |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 6,8 |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 11,9 |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 34,5 |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 25,4 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 14,6 |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 53,0 |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 78,7 |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 35,6 |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 12,2 |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 375,8 |
| Río Opia | 2122-99-08 | 110,3 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.6.7 Zonas de recarga hídrica

Las zonas de recarga hídrica fueron delimitadas como se presenta en el componente hidrogeológico del presente EIA. De allí se desprende el análisis de su aporte a las unidades hidrográficas en el AI. En la Figura 5.1-257 se presentan las zonas de recarga con respecto a las unidades hidrográficas en el AI. En la Tabla 5.1-106 se presentan las extensiones de las zonas de recarga por unidad hidrográfica y en la Tabla 5.1-107 se presenta la proporción de cada zona de recarga en la extensión de las unidades hidrográficas en el AI.

Ibagué y Piedras (Tolima)

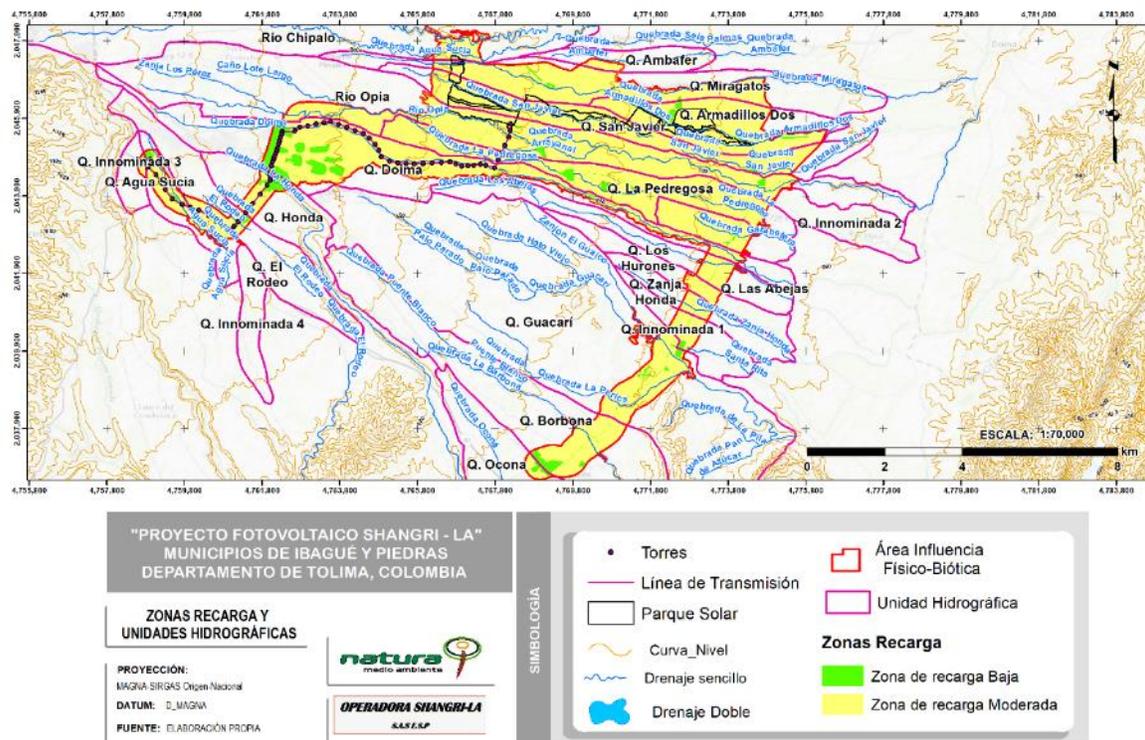


Figura 5.1-257 Zonas de recarga con respecto a las unidades hidrográficas en el AI

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-106 Extensión de las zonas de recarga en las unidades hidrográficas en el AI

| UNIDAD HIDROGRÁFICA | CÓDIGO MICROCUENCA | EXTENSIÓN POR TIPO ZONA DE RECARGA (ha) | | |
|-------------------------|--------------------|---|----------|--------|
| | | BAJA | MODERADA | TOTAL |
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 17.84 | 114.49 | 132.33 |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | | 22.08 | 22.08 |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 14.18 | 470.02 | 484.20 |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 21.10 | 177.60 | 198.70 |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 112.11 | 641.78 | 753.90 |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 11.01 | 48.93 | 59.94 |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 2.55 | 182.20 | 184.75 |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 11.08 | 236.86 | 247.93 |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 27.43 | 46.79 | 74.22 |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 3.60 | 58.02 | 61.62 |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | | 0.47 | 0.47 |

| UNIDAD HIDROGRÁFICA | CÓDIGO MICROCUENCA | EXTENSIÓN POR TIPO ZONA DE RECARGA (ha) | | |
|---|--------------------|---|----------|--------|
| | | BAJA | MODERADA | TOTAL |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 2.36 | 7.78 | 10.14 |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | | 0.13 | 0.13 |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 19.86 | 602.65 | 622.51 |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 0.34 | 62.18 | 62.52 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 0.23 | 39.02 | 39.25 |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 6.25 | 494.96 | 501.21 |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 7.52 | 17.72 | 25.25 |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 4.46 | 524.02 | 528.48 |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 0.19 | 39.87 | 40.06 |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | | 80.98 | 80.98 |
| Río Opia | 2122-99-08 | 14.63 | 812.48 | 827.11 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Tabla 5.1-107 Proporción de las zonas de recarga en las unidades hidrográficas en el AI

| UNIDAD HIDROGRÁFICA | CÓDIGO MICROCUENCA | PROPORCIÓN POR TIPO ZONA DE RECARGA (ha) | | |
|-------------------------|--------------------|--|----------|--------|
| | | BAJA | MODERADA | TOTAL |
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 13.48 | 86.52 | 100.00 |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 2.93 | 97.07 | 100.00 |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 10.62 | 89.38 | 100.00 |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 14.87 | 85.13 | 100.00 |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 18.38 | 81.62 | 100.00 |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 1.38 | 98.62 | 100.00 |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 4.47 | 95.53 | 100.00 |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 36.96 | 63.04 | 100.00 |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 5.85 | 94.15 | 100.00 |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 23.30 | 76.70 | 100.00 |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 3.19 | 96.81 | 100.00 |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 0.54 | 99.46 | 100.00 |

| UNIDAD HIDROGRÁFICA | CÓDIGO MICROCUENCA | PROPORCIÓN POR TIPO ZONA DE RECARGA (ha) | | |
|---|--------------------|--|----------|--------|
| | | BAJA | MODERADA | TOTAL |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 0.58 | 99.42 | 100.00 |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 1.25 | 98.75 | 100.00 |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 29.80 | 70.20 | 100.00 |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 0.84 | 99.16 | 100.00 |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 0.48 | 99.52 | 100.00 |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| Río Opia | 2122-99-08 | 1.77 | 98.23 | 100.00 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Se reconoce que la clasificación de recarga más extensa es la moderada, con un valor entre el 70 % y el 100 % de la participación de las unidades hidrográficas en el AI.

5.1.6.7 Dinámica fluvial de las corrientes superficiales

Se abordó este tema desde diversas ópticas: dinámica fluvial multitemporal, susceptibilidad de inundaciones y hallazgos de campo. A continuación, se desarrollan de manera amplia estos temas.

5.1.6.7.1 Dinámica fluvial multitemporal

Para el análisis multitemporal se utilizaron fotografías de tres temporadas diferentes de vuelos del IGAC, a saber: 1974, 1981, 2003. Estas fotografías fueron cotejadas con la red de drenaje actual que fue delineada en el proyecto y se realizaron observaciones relevantes para la dinámica fluvial desde una óptica multitemporal. Los puntos de control fueron los sitios susceptibles de intervención por el proyecto por las ocupaciones de cauce.

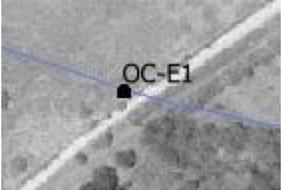
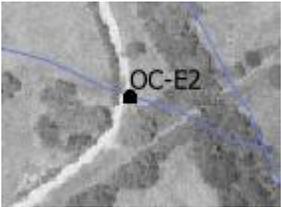
Las aerofotografías del IGAC utilizadas para el análisis fueron:

Ibagué y Piedras (Tolima)

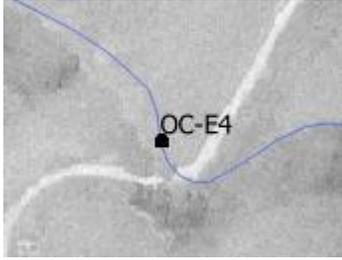
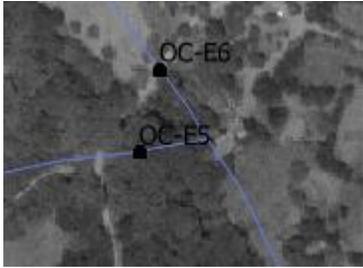
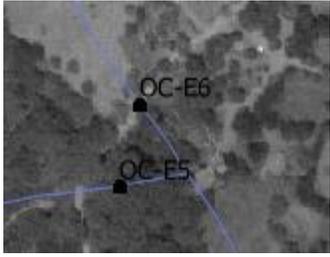
- C-2684-0257 a C-2684-0260 / Año 2003.
- C-2036-0231 a C-2036-0232 / Año 1981.
- C-1532-0164 a C-1532-0165 / Año 1974.

En la Tabla 5.1-108 se presenta el análisis realizado y los resultados obtenidos. En general, se evidencian cambios importantes en el alineamiento de los cauces, lo que indica que hay poca variación o divagación de cauces.

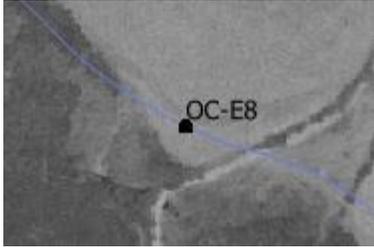
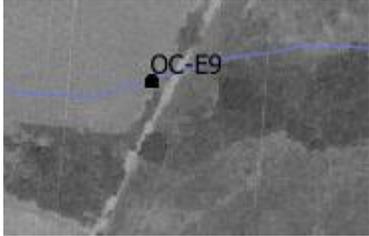
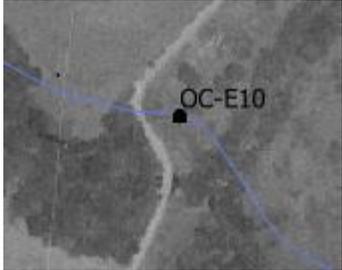
Tabla 5.1-108 Análisis multitemporal de la dinámica fluvial en los puntos de ocupación de cauce

| PUNTO | 1974 | 1981 | 2003 | COMENTARIO |
|-------|-----------------|-----------------|--|---|
| OC-E1 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía fía: C26840257</p> | Drenaje imperceptible en aerofotografía de 2003 |
| OC-E2 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840257</p> | Se observa morfología drenaje similar (2003). |
| OC-E3 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840257</p> | Se observa morfología drenaje similar (2003). |

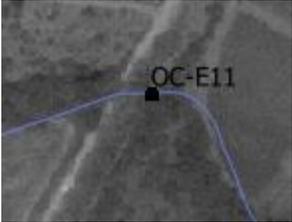
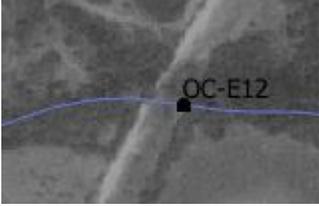
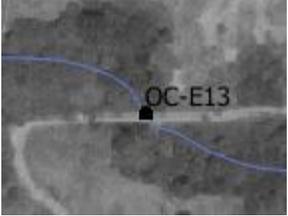
Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO | 1974 | 1981 | 2003 | COMENTARIO |
|-------|-----------------|-----------------|---|--|
| OC-E4 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840257</p> | Se observa morfología drenaje similar (2003). |
| OC-E5 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840258</p> | Cobertura espesa no permite identificar drenajes (2003). |
| OC-E6 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840258</p> | Cobertura espesa no permite identificar drenajes (2003). |

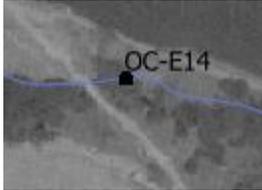
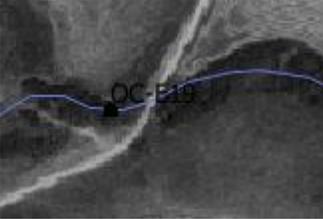
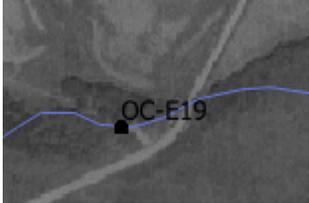
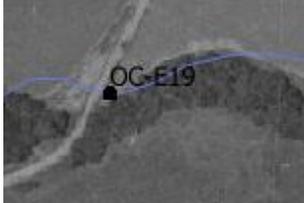
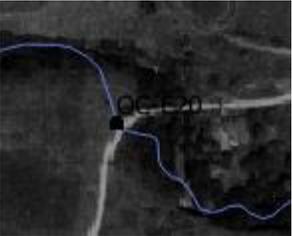
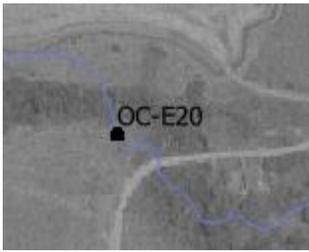
Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO | 1974 | 1981 | 2003 | COMENTARIO |
|--------|-----------------|-----------------|---|---|
| OC-E8 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840258</p> | Drenaje imperceptible en aerofotografía de 2003 |
| OC-E9 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840258</p> | Drenaje imperceptible en aerofotografía de 2003 |
| OC-E10 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840258</p> | Drenaje imperceptible en aerofotografía de 2003 |

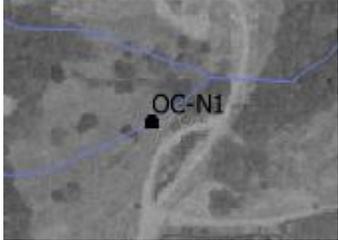
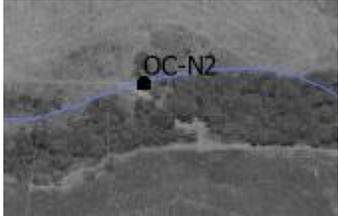
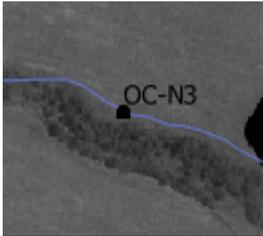
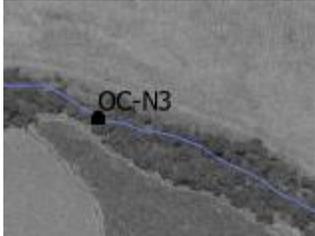
Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO | 1974 | 1981 | 2003 | COMENTARIO |
|--------|-----------------|-----------------|---|---|
| OC-E11 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840259</p> | Se observa morfología drenaje similar (2003). |
| OC-E12 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840259</p> | Se observa morfología drenaje similar (2003). |
| OC-E13 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840259</p> | Se observa morfología drenaje similar (2003). |

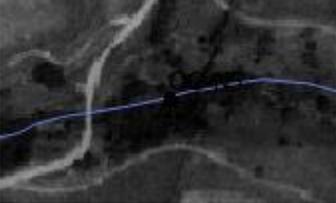
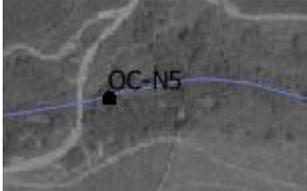
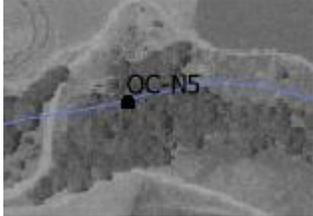
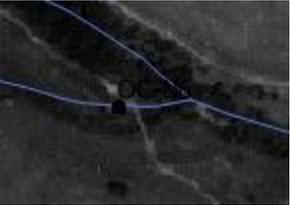
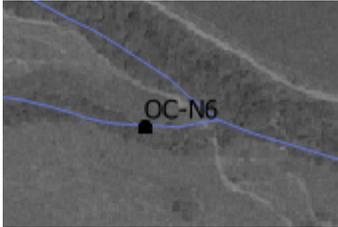
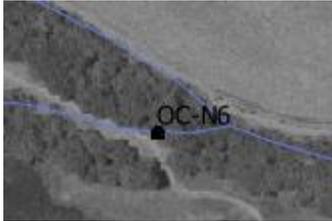
Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO | 1974 | 1981 | 2003 | COMENTARIO |
|--------|--|---|---|---|
| OC-E14 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840259</p> | Se observa morfología drenaje similar (2003). |
| OC-E19 |  <p>Aerofotografía: C1532164</p> |  <p>Aerofotografía: C2036232</p> |  <p>Aerofotografía: C26840259</p> | Se observa morfología drenaje similar (1974, 1981, 2003). |
| OC-E20 |  <p>Aerofotografía: C1532165</p> |  <p>Aerofotografía: C2036231</p> |  <p>Aerofotografía: C26840259</p> | Se observa morfología drenaje similar (1974, 1981, 2003). |

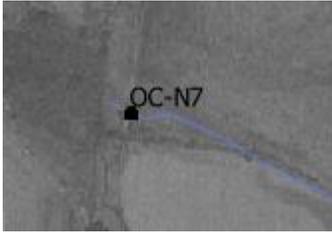
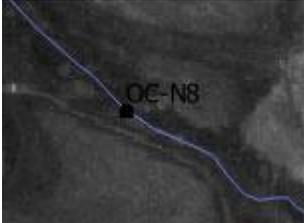
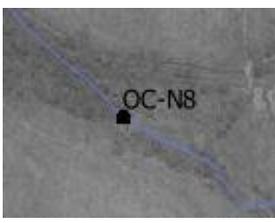
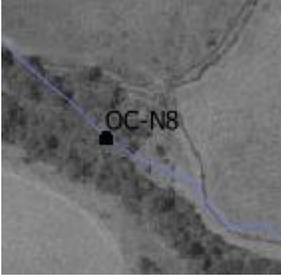
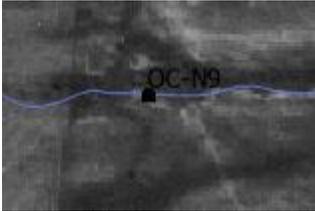
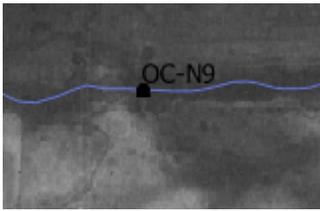
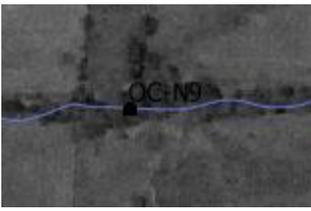
Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO | 1974 | 1981 | 2003 | COMENTARIO |
|-------|-----------------|---|---|---|
| OC-N1 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840259</p> | Drenaje imperceptible en aerofotografía de 2003 |
| OC-N2 | Aerofotografía: | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C26840258</p> | Se observa morfología drenaje similar (2003). |
| OC-N3 | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C2036231</p> |  <p>Aerofotografía: C26840258</p> | Se observa morfología drenaje similar (1981, 2003). |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO | 1974 | 1981 | 2003 | COMENTARIO |
|-------|--|---|---|---|
| OC-N4 | Aerofotografía: |  <p>Aerofotografía: C2036231</p> |  <p>Aerofotografía: C26840258</p> | Se observa morfología drenaje similar (1981, 2003). |
| OC-N5 |  <p>Aerofotografía: C1532165</p> |  <p>Aerofotografía: C2036232</p> |  <p>Aerofotografía: C26840259</p> | Se observa morfología drenaje similar (1974, 1981, 2003). |
| OC-N6 |  <p>Aerofotografía: C1532165</p> |  <p>Aerofotografía: C2036232</p> |  <p>Aerofotografía: C26840259</p> | Se observa morfología drenaje similar (1974, 1981, 2003). |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| PUNTO | 1974 | 1981 | 2003 | COMENTARIO |
|-------|--|---|---|---|
| OC-N7 |  Aerofotografía: C1532164 |  Aerofotografía: C2036232 | Aerofotografía: | Se observa morfología drenaje similar (1974, 1981). |
| OC-N8 |  Aerofotografía: C1532164 |  Aerofotografía: C2036231 |  Aerofotografía: C26840259 | Se observa morfología drenaje similar (1974, 1981, 2003). |
| OC-N9 |  Aerofotografía: C1532164 |  Aerofotografía: C2036231 |  Aerofotografía: C26840260 | Se observa morfología drenaje similar (1974, 1981, 2003). |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En conclusión, el resultado encontrado fue que los cauces no presentan cambios importantes en su alineamiento a lo largo del periodo de tiempo analizado.

5.1.6.7.2 Susceptibilidad de inundaciones

El análisis de la susceptibilidad a la inundación se realizó a partir de información oficial del IDEAM (capas de inundaciones eventos Niña), información levantada en campo y de la aproximación a la ronda hídrica con bases temáticas elaboradas en el marco del presente EIA. A continuación, se presenta el desarrollo del análisis de susceptibilidad a la inundación.

5.1.6.7.3 Susceptibilidad de la inundación según las capas de inundaciones de eventos Niña 1988, 2000 y 2012

Se tomaron las capas de inundación en escala 1:100.000 generadas por el IDEAM para los eventos Niña de 1988, 2000 y 2012 (ver Figura 5.1-258 a Figura 5.1-260). Esta es una primera referencia de la ocurrencia de inundaciones en el área de influencia Físico-Biótica. Se encontró que hay únicamente dos sitios donde se han presentado inundaciones. Sin embargo, al ser inundaciones cartografiadas a una escala gruesa (1:100.000) es únicamente una referencia inicial no concluyente. Por otro lado, al ser eventos asociados al fenómeno de la Niña, implica que están correlacionados a eventos con elevados tiempos de retorno y por lo tanto baja probabilidad o susceptibilidad a la inundación.

Ibagué y Piedras (Tolima)

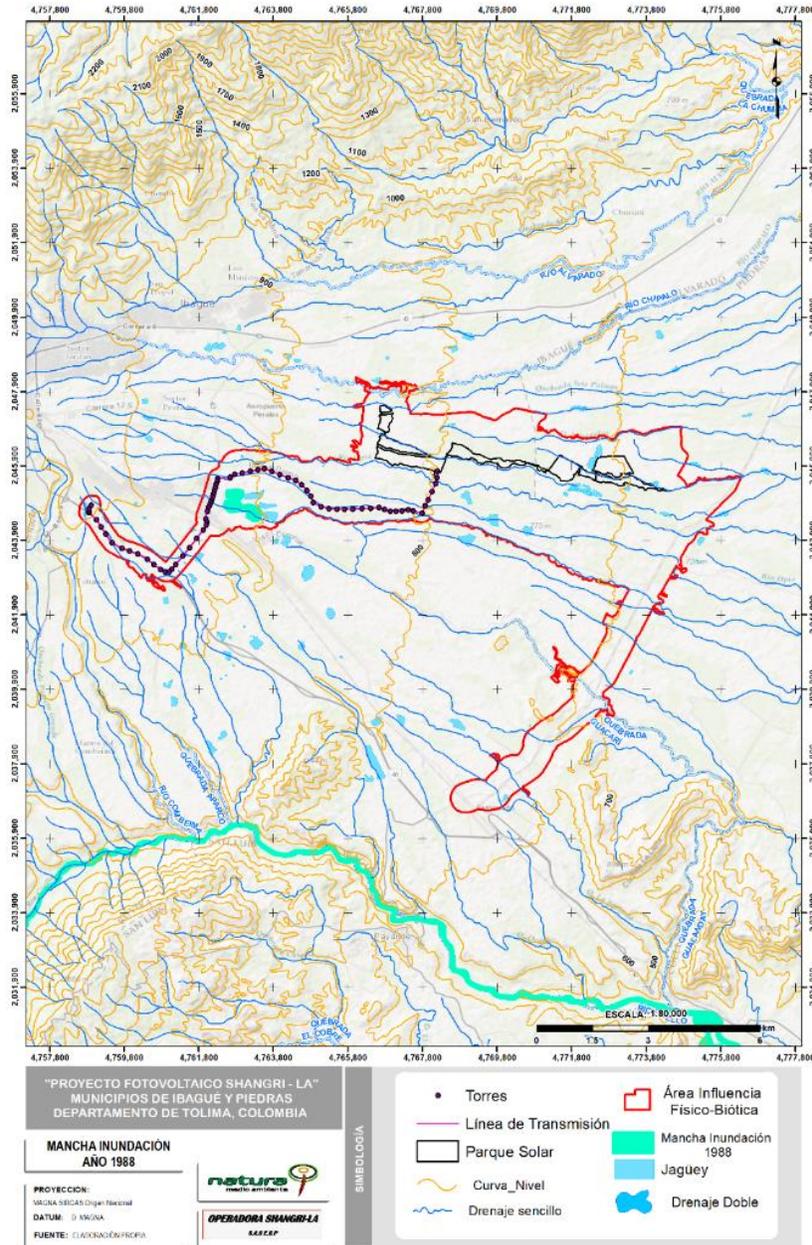


Figura 5.1-258 Manchas de inundación eventos Niña 1988 en el AI

Fuente: tomado del SIAC²³, modificado OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

²³ Referencia web en la página: <http://www.siac.gov.co/inundaciones>

Ibagué y Piedras (Tolima)

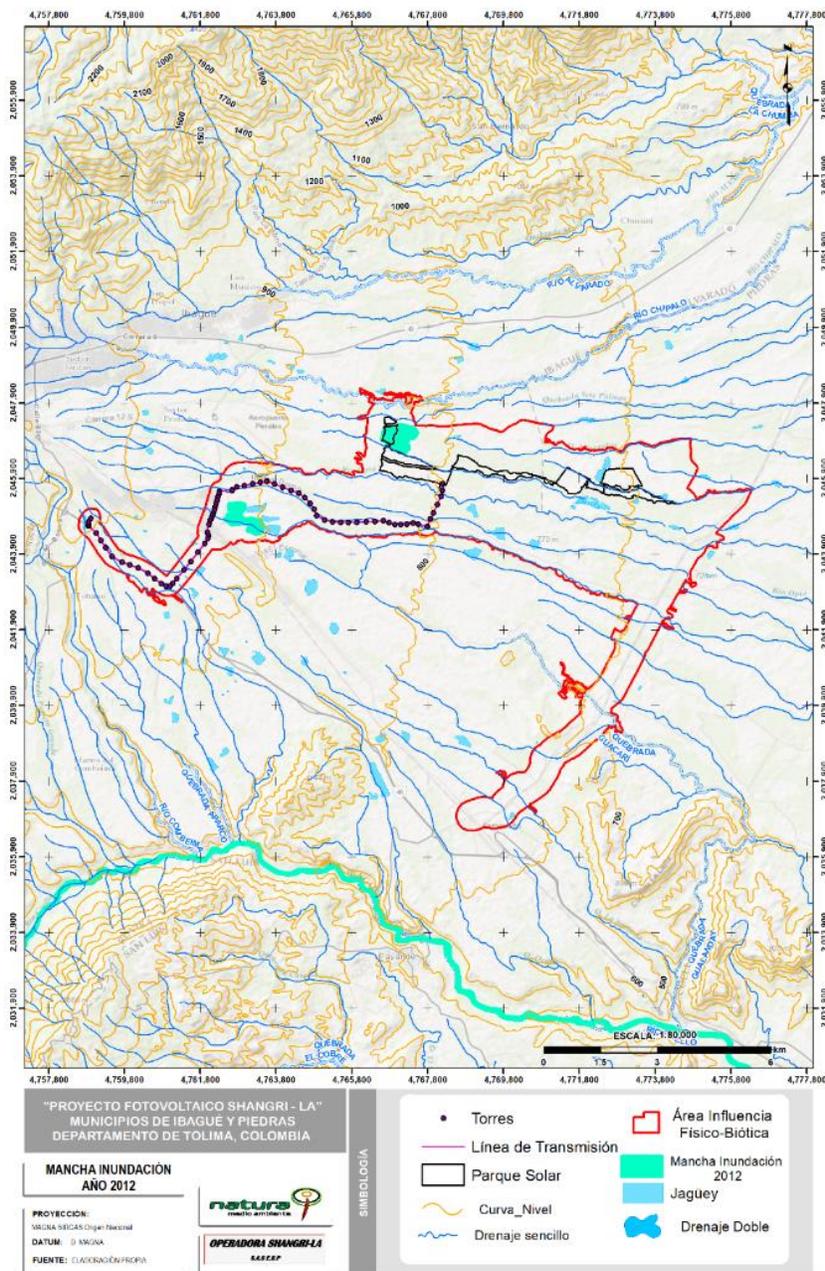


Figura 5.1-260 Manchas de inundación eventos Niña 2012 en el AI

Fuente: tomado del SIAC²⁵ modificado OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.7.4 Niveles de inundación reportados en campo

Se identificaron 30 puntos de control de nivel de inundaciones en los cuerpos de agua del área de influencia Físico-Biótica. Esta actividad consistió en reconocer vestigios de inundaciones y georreferenciar el nivel de agua máximo que se puede reconocer. En la Tabla 5.1-109 se reportan estos puntos y en la Figura 5.1-261 se localizan con respecto al AI Físico-Biótica.

Tabla 5.1-109 Niveles de inundación reportados en campo

| NOMBRE | ESTE (m) | NORTE (m) | COTA (msnm) | LÁMINA INUNDACIÓN (m) |
|-----------------------|-------------|--------------|----------------|--------------------------|
| Quebrada Armadillo 2 | 477451 4 | 2045254 | 700 | 0,6 m. |
| Quebrada Armadillo 2 | 477634 5 | 2045589 | 674 | 1,5 m. |
| Quebrada Armadillo 2. | 477246 7 | 2045719 | 741 | 1 m. |
| Quebrada Doima | 476230 6 | 2045704 | 945 | 1,5 m. |
| Quebrada Doima | 477374 7 | 2042512 | 702 | 2 m. |
| Quebrada Doima | 476270 2 | 2045644 | 935 | 1,7 m. |
| Quebrada Doima | 477114 5 | 2043543 | 751 | 2 m. |
| Quebrada Guacarí | 477225 1 | 2039974 | 707 | 1 m. |
| Quebrada Honda | 476195 6 | 2044361 | 947 | 0,5 m. |

²⁵ Ibid.

Ibagué y Piedras (Tolima)

| NOMBRE | ESTE (m) | NORTE (m) | COTA (msnm) | LÁMINA INUNDACIÓN (m) |
|--|-------------|--------------|----------------|--------------------------|
| Quebrada innominada | 477435 7 | 2043591 | 703 | 1,5 m. |
| Quebrada Innominada | 477048 0 | 2046053 | 770 | 0,5 m. |
| Quebrada innominado | 477395 0 | 2046103 | 719 | 0,6 m. |
| Quebrada La Pedregosa | 476714 3 | 2045014 | 839 | 1 m. |
| Quebrada La Perica | 477100 3 | 2038501 | 721 | 1,5 m. |
| Quebrada La Perica | 477099 6 | 2038496 | 726 | 1,5 m. |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 477315 3 | 2041528 | 707 | 2 m. |
| Quebrada Miragatos | 477365 1 | 2046784 | 719 | 2 m. |
| Quebrada Miragatos | 476924 0 | 2046691 | 807 | 0,5 m. |
| Quebrada Pedregosa | 477325 9 | 2043793 | 711 | 0,5 m. |
| Quebrada Pedregosa | 477002 8 | 2044395 | 774 | 0,5 m. |
| Quebrada Rodeo | 476113 8 | 2043241 | 942 | 1,2 m. |
| Quebrada San Javier | 477546 9 | 2044534 | 691 | 1 m. |
| Quebrada San Javier | 477457 2 | 2044523 | 699 | 1,2 m. |
| Quebrada San Javier | 476837 5 | 2046128 | 817 | 1 m. |
| Quebrada San Javier | 477160 5 | 2045452 | 748 | 1,5 m. |
| Quebrada San Javier | 477041 2 | 2045879 | 771 | 1,5 m. |
| Quebrada San Javier | 476678 1 | 2046761 | 849 | 1,2 m. |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| NOMBRE | ESTE (m) | NORTE (m) | COTA (msnm) | LÁMINA INUNDACIÓN (m) |
|----------------------|-------------|-----------|-------------|-----------------------|
| Quebrada Zanja Honda | 477296 5 | 2040965 | 712 | 1 m. |
| Río Opía | 476287 6 | 2046002 | 925 | 1 m. |
| Río Opía | 476767 7 | 2045803 | 827 | 2,5 m. |

Fuente: Natura Medio Ambiente S.A.S, 2021

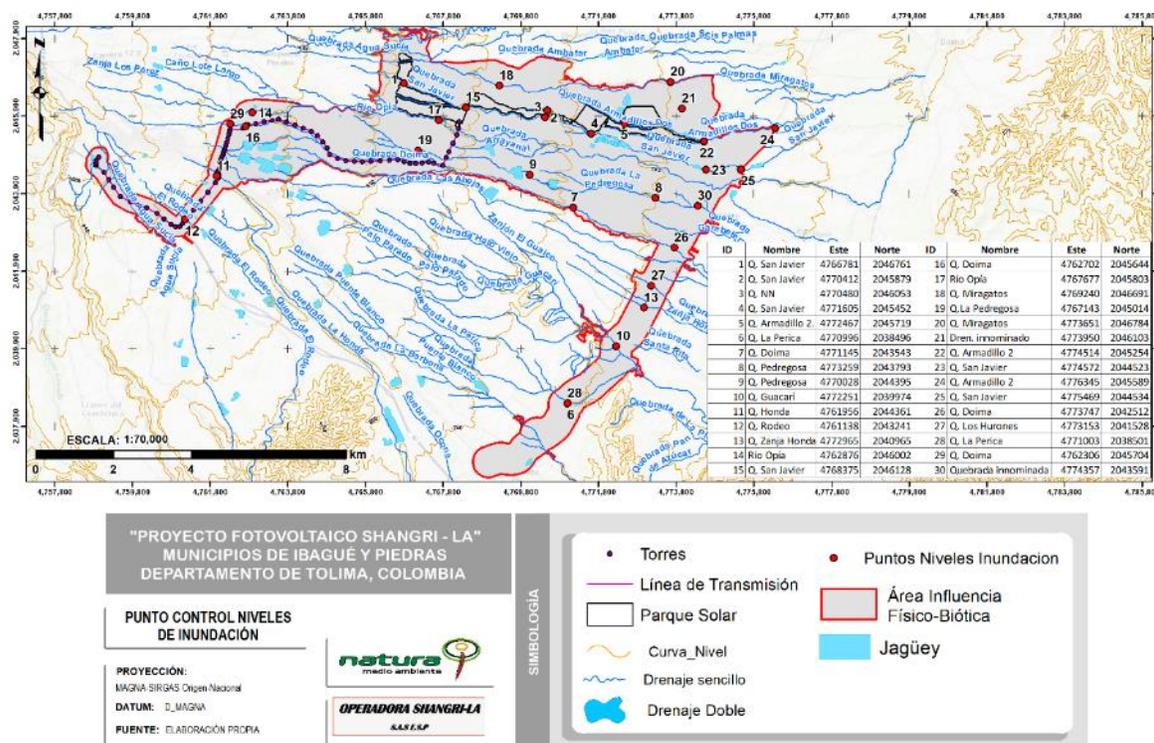


Figura 5.1-261 Localización puntos de control de niveles de inundación en el AI Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.7.5 Susceptibilidad a la inundación: aproximación de la ronda hídrica

La metodología empleada para determinar el acotamiento de la ronda hídrica de los drenajes en el AI se realizó con los lineamientos de la Guía Técnica de Criterios para el

Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, de la ANLA y la Resolución 0957 del 31 de mayo de 2018 que da alcance a lo establecido en el Decreto 2245 de 2017.

La ronda hídrica comprende la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho. Asimismo, hace parte de la ronda hídrica el área de protección o conservación aferente. Tanto para la faja paralela como para el área de protección o conservación aferente se establecerán directrices de manejo ambiental, conforme a lo dispuesto en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia.

La ronda hídrica se acota desde el punto de vista funcional y su límite se traza a partir de la línea del cauce permanente de ríos y lagos, considerando los siguientes criterios técnicos: geomorfológico, ecosistémico e hidrológico.

En la Figura 5.1-262 y Figura 5.1-263 se representan los criterios antes mencionados en un esquema ilustrativo.

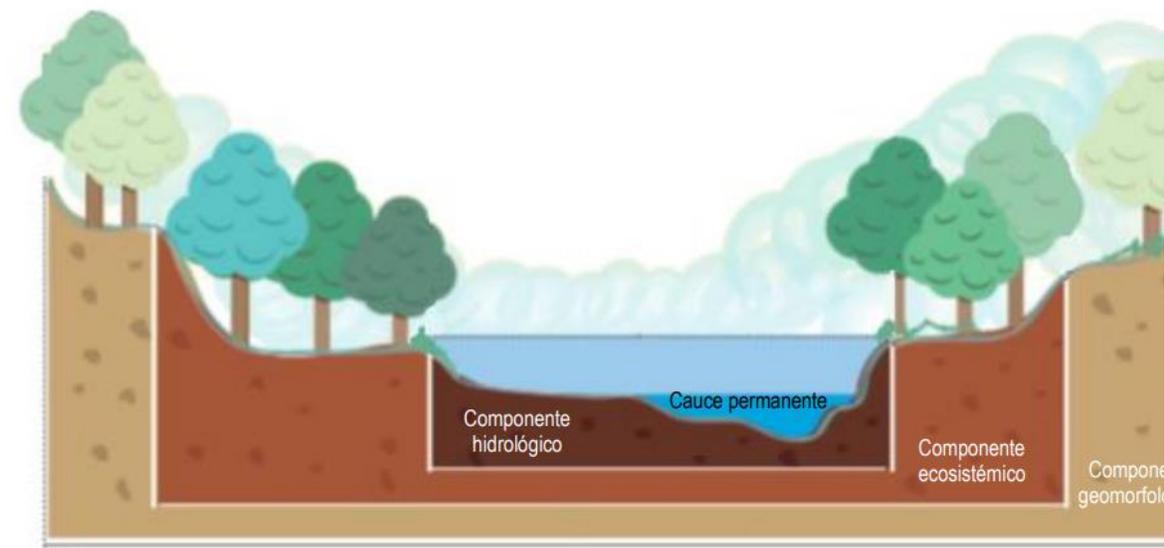


Figura 5.1-262 Componentes físico-bióticos usados para definir el límite físico de la ronda hídrica en sistemas lóticos

Fuente: tomado de Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (2018) modificado por OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

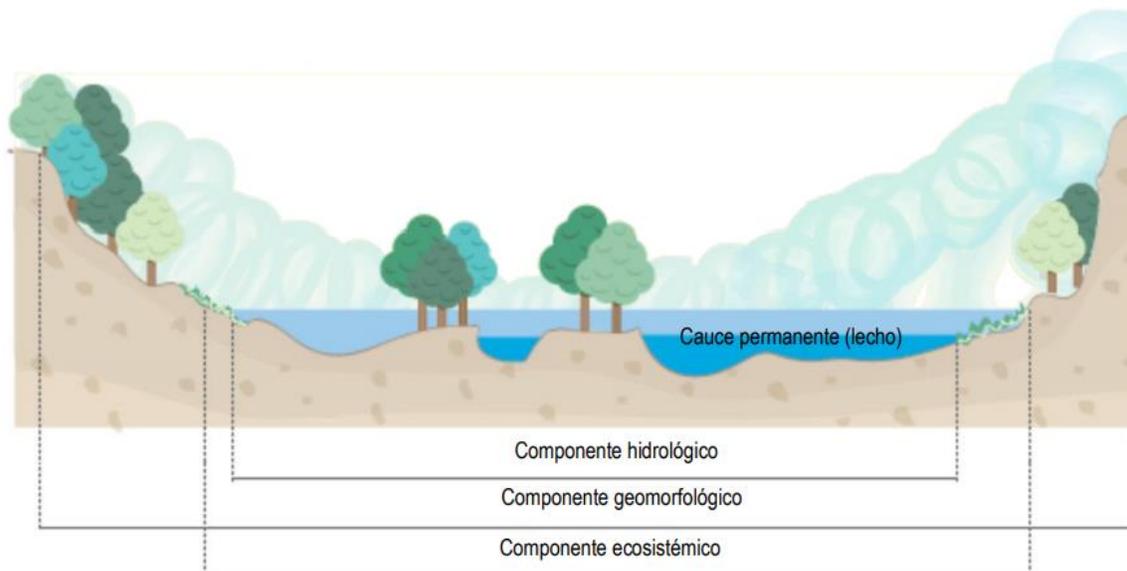


Figura 5.1-263 Componentes físico-bióticos usados para definir el límite físico de la ronda hídrica en sistemas lénticos

Fuente: tomado de Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (2018) modificado por OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.7.5.1 Criterios geomorfológicos

Se tomaron las unidades geomorfológicas delimitadas en el presente AI y se definió la susceptibilidad a la inundación que tiene cada una de estas. En la Tabla 5.1-110 se presenta la clasificación establecida.

Tabla 5.1-110 Susceptibilidad a la inundación de las unidades geomorfológicas del AI físico-biótico

| UNIDAD GEOMORFOLÓGICA | SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN (ha) | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| | Baja | Moderada | Muy Alta | Muy Baja |
| Cantera | | | | 12.138 |
| Embalses y/o jagüeyes | | | 83.65 | |
| Lahar | 4021.315 | | | |

| UNIDAD GEOMORFOLÓGICA | SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN (ha) | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| | Baja | Moderada | Muy Alta | Muy Baja |
| Superficie de explanación | | | | 24.03 |
| Vallecito | | 816.437 | | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.7.5.2 Criterios ecosistémicos

Se tomaron las coberturas de la tierra delimitadas en el presente AI y se definió la susceptibilidad a la inundación que tiene cada una de estas. En la Tabla 5.1-111 se presenta la clasificación establecida y el área que representa cada una.

Tabla 5.1-111 Susceptibilidad a la inundación de las coberturas de la tierra del AI físico-biótico

| COBERTURA | SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN (ha) | | | | |
|--|--------------------------------------|---------|----------|----------|----------|
| | Alta | Baja | Moderada | Muy Alta | Muy Baja |
| 1.1.1. Tejido urbano continuo | | | | | 50.255 |
| 1.1.2. Tejido urbano discontinuo | | | | | 20.895 |
| 1.2.1.1. Zonas industriales | | | | | 24.03 |
| 1.2.2.1. Red vial y territorios asociados | | | | | 65.583 |
| 1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada | | | | | 8.379 |
| 1.3.1.1. Otras explotaciones mineras | | | | | 10.575 |
| 1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción | | | | | 1.563 |
| 1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas | | | | | 1.999 |
| 1.4.1.2. Parques cementerio | | | | | 0.758 |
| 1.4.2.2. Áreas deportivas | | | | | 1.695 |
| 2.1.2.1. Arroz | | | 2272.105 | | |
| 2.1.2.2. Maíz | | 0.263 | | | |
| 2.2.1.2. Caña | | 382.529 | | | |
| 2.3.1. Pastos limpios | | 654.676 | | | |
| 2.3.2. Pastos arbolados | | 216.708 | | | |
| 2.3.3. Pastos enmalezados | | 105.896 | | | |
| 3.1.4. Bosque de galería y ripario | | | | 796.184 | |
| 3.1.5. Plantación forestal | | 3.063 | | | |

| COBERTURA | SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN (ha) | | | | |
|--|--------------------------------------|-------|----------|----------|----------|
| | Alta | Baja | Moderada | Muy Alta | Muy Baja |
| 3.2.2.1. Arbustal denso | | | 5.601 | | |
| 3.2.3.1. Vegetación Secundaria Alta | | | 106.054 | | |
| 3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja | | | 120.02 | | |
| 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas | | 5.734 | | | |
| 4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua | 2.851 | | | | |
| 5.1.4. Cuerpos de agua artificiales | 83.65 | | | | |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.7.5.3 Criterios hidrológicos

Para el criterio hidrológico se tomaron franjas de 30 m a lado y lado de los drenajes y se tomaron los polígonos de los jagüeyes existentes en el AI, teniendo en cuenta que en general están conectados con la red de drenaje.

5.1.6.7.5.4 Resultados de la delimitación de rondas hídricas

La delimitación de las rondas hídricas se hizo con el cruce espacial de los tres criterios antes desarrollados. Se toma el criterio de mayor valor en cada cruce y así se define la susceptibilidad a la inundación del AI Físico-Biótica. En la Figura 5.1-264 se presentan los resultados obtenidos.

Ibagué y Piedras (Tolima)

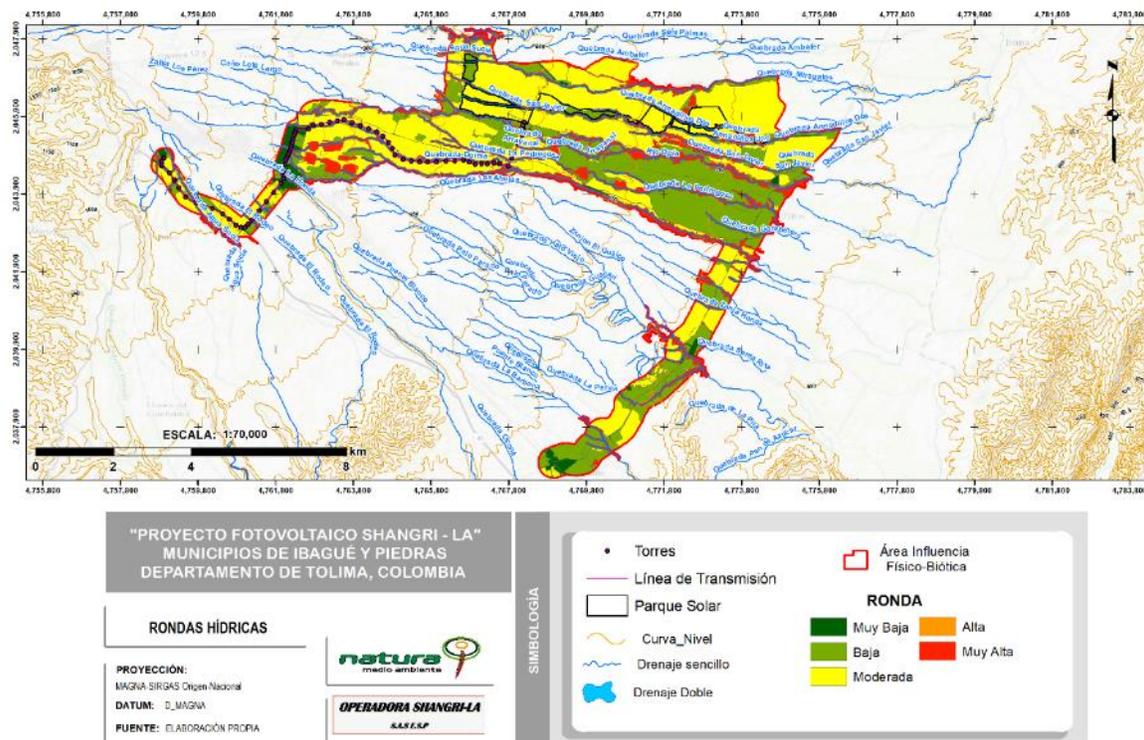


Figura 5.1-264 Rondas hídricas en el AI Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Tabla 5.1-112 se presenta la clasificación de susceptibilidad a la inundación encontrada.

Tabla 5.1-112 Susceptibilidad a la inundación del AI físico-biótico

| SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN | SUSCEPTIBILIDAD A LA INUNDACIÓN (ha) | PROPORCIÓN AI (%) |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Alta | 5.081 | 0.10 |
| Baja | 1308.64 | 26.40 |
| Moderada | 2390.012 | 48.21 |
| Muy Alta | 1086.943 | 21.92 |
| Muy Baja | 166.894 | 3.37 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Se encontró que la susceptibilidad a la inundación más representativa es la moderada, con más del 48 % del AI, seguida por una susceptibilidad baja de cerca del 26 %, y el rango muy alta tiene poco menos del 22 %. En unas proporciones muy pequeñas se tiene la susceptibilidad alta con 0.1 % y la susceptibilidad muy baja con 3.37 %.

5.1.6.8 Sedimentos

Las corrientes superficiales son canales que transportan sedimentos de manera activa. Por tanto, el tema de los sedimentos es importante para reconocer el funcionamiento hidrológico de una zona de interés. En el presente estudio se abordó el tema de los sedimentos a partir de las observaciones de campo de los materiales de fondo, entendiendo que estos materiales son representativos del transporte de sedimentos en los cuerpos de agua. En la Tabla 5.1-113 se presentan los puntos de control de material de fondo. Se encuentran materiales heterométricos, siendo amplia la ocurrencia de bloques de gran tamaño de hasta 4 m de diámetro. En la Figura 5.1-265 se presenta la localización de los puntos de control de observación de material de fondo de los drenajes en el AI.

Tabla 5.1-113 Puntos de control material de fondo cuerpos de agua en el AI

| NOMBRE | ESTE (m) | NORTE (m) | COTA (msnm) | MATERIAL DE FONDO |
|---|----------|-----------|-------------|--|
| Brazo quebrada Guacarí | 4772231 | 2039918 | 708 | 0,5 m bloques |
| Drenaje innominado | 4773950 | 2046103 | 719 | Arcilla, arena, bloques 40 cm de diámetro. |
| Escorrentía | 4770811 | 2044191 | 759 | Bloques 30 cm. |
| Innominado | 4762414 | 2044890 | 945 | Bloques 1 m. |
| La Perica | 4771003 | 2038501 | 721 | Bloques hasta 1 m. |
| Quebrada Armadillo 2 | 4774514 | 2045254 | 700 | Grava, bloques 1 m. |
| Quebrada Armadillo 2 | 4776345 | 2045589 | 674 | Gravas y bloques 1 m. |
| Quebrada Armadillo 2. | 4772467 | 2045719 | 741 | Arena, bloques 50 cm. |
| Quebrada Doima | 4762306 | 2045704 | 945 | Bloques 1,5 m de diámetro. |
| Quebrada Doima | 4773747 | 2042512 | 702 | Cantos y bloques 3 m de diámetro. |
| Quebrada Doima | 4762702 | 2045644 | 935 | Arcilla y bloques de 2 m de diámetro. |
| Quebrada Doima | 4771145 | 2043543 | 751 | Bloques hasta 2,5m. |
| Quebrada Guacarí | 4765991 | 2043014 | 841 | Arcilloso y bloques 2 m. |
| Quebrada Guacarí | 4764780 | 2043710 | 876 | Arena, bloques 30 cm. |
| Quebrada innominada | 4774357 | 2043591 | 703 | Arena y grava. |
| Quebrada La Barbona | 4770192 | 2037722 | 734 | Bloques hasta 4 m. |
| Quebrada La Pedregosa | 4767143 | 2045014 | 839 | Arena, bloques. |
| Quebrada La Perica | 4770996 | 2038496 | 726 | Rocas 1 m. |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 4773153 | 2041528 | 707 | Arcilla, limo, bloques 3 m de diámetro. |
| Quebrada Miragatos | 4776792 | 2046691 | 662 | Arena y bloques de 1 m de diámetro. |
| Quebrada Miragatos | 4773651 | 2046784 | 719 | Arena y bloques de 2,5 m de diámetro. |
| Quebrada Miragatos | 4769240 | 2046691 | 807 | Bloques. |
| Quebrada NN | 4770480 | 2046053 | 770 | Bloques 50 cm. |

Ibagué y Piedras (Tolima)

| NOMBRE | ESTE (m) | NORTE (m) | COTA (msnm) | MATERIAL DE FONDO |
|----------------------|----------|-----------|-------------|---|
| Quebrada Pedregosa | 4773259 | 2043793 | 711 | Bloques 50 cm. |
| Quebrada Pedregosa | 4770028 | 2044395 | 774 | Bloques 30 cm. |
| Quebrada Rodeo | 4761138 | 2043241 | 942 | Bloques 30 cm. |
| Quebrada San Javier | 4775469 | 2044534 | 691 | Bloques de 1 m de diámetro. |
| Quebrada San Javier | 4774572 | 2044523 | 699 | Bloques 1,2 m. |
| Quebrada San Javier | 4768375 | 2046128 | 817 | Bloques 1 m. |
| Quebrada San Javier | 4771605 | 2045452 | 748 | Bloques 1,5 m de diámetro. |
| Quebrada San Javier | 4770412 | 2045879 | 771 | Bloques hasta 2 m. |
| Quebrada San Javier | 4766781 | 2046761 | 849 | Lecho rocoso. |
| Quebrada Zanja Honda | 4772965 | 2040965 | 712 | Bloques 50 cm. |
| Río Opía | 4774565 | 2044140 | 694 | Cantos rodados y bloques 3 m de diámetro. |
| Río Opía | 4762876 | 2046002 | 925 | Bloques 1 m. |
| Río Opía | 4767677 | 2045803 | 827 | Bloques. |
| Río Opía | 4770549 | 2045249 | 770 | Bloques 4 m. |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

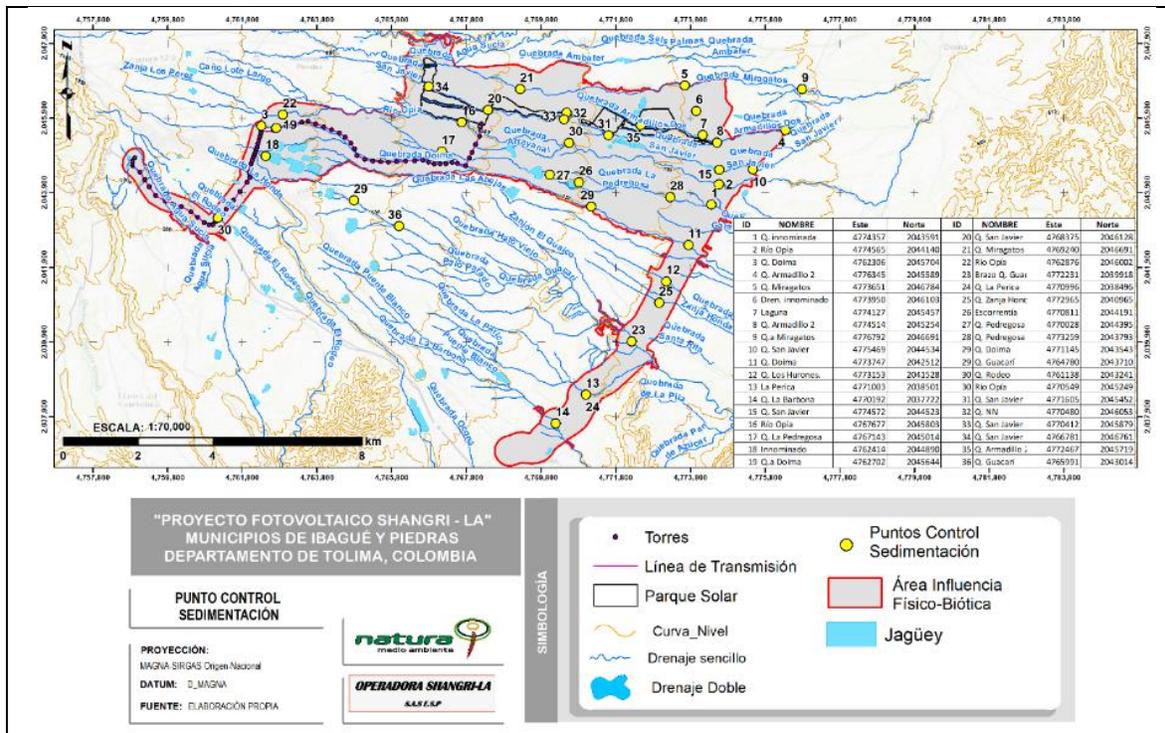


Figura 5.1-265 Puntos de control de observación de material de fondo en el AI Físico-Biótica

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.9 Indicadores hidroclimáticos

De acuerdo con el Estudio Nacional de Agua (IDEAM, 2019), *“la evaluación del sistema natural nacional se soporta en un conjunto de indicadores que evalúan, desde una fundamentación técnica, las características del clima y regulación de caudales... Los indicadores asociados al régimen hidrológico son el índice de aridez y el índice de regulación hídrica, los cuales permiten identificar zonas cuya normalidad climática es seca y la caracterización de la regulación de las cuencas”*. A continuación, se describe cada uno de ellos.

5.1.6.9.1 Índice de aridez

El índice de aridez (IA) es un indicador que califica cualitativamente las condiciones naturales de aridez, midiendo el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. A lo largo de la historia, el IA ha estado en constante evolución y en Colombia, se adoptó una relación entre la ETP y

ETR (IDEAM, 2010) (IDEAM, 2015) con el objeto de representar la dinámica superficial del suelo, como se expresa a continuación:

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

IA: Índice de aridez

ETP: Evapotranspiración potencial anual multianual (mm)

ETR: Evapotranspiración real potencial anual multianual

En la Tabla 5.1-114 se presentan los rangos de clasificación para la determinación del índice de aridez.

Tabla 5.1-114 Rangos de clasificación del índice de aridez

| RANGOS DE VALORES DEL INDICADOR | CALIFICACIÓN |
|---------------------------------|------------------------|
| <0,15 | Altos Excedentes |
| 0,15 - 0,9 | Excedentes |
| 0,20 - 0,29 | Moderado a excedentes |
| 0,30 - 0,39 | Moderado |
| 0,40 - 0,49 | Moderado a Deficitario |
| 0,50 - 0,59 | Deficitario |
| > 0,60 | Altamente deficitario |

Fuente: Datos tomados del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2019).

En la **Tabla 5.1-115** se presenta en IA calculado para cada una de las unidades hidrográficas delimitadas. En todas las unidades, excepto una, se tiene una clasificación de moderado a excedentes de agua, en la restante se tiene un IA moderado. Esto muestra un buen escenario de disponibilidad del recurso hídrico.

Tabla 5.1-115 Cálculo del índice de aridez de las unidades hidrográficas del área de influencia

| NOMBRE UNIDAD HIDROGRÁFICA | CÓDIGO UNIDAD HIDROGRÁFICA | ÍNDICE DE ARIDEZ |
|----------------------------|----------------------------|------------------|
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 0.23 |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 0.26 |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 0.27 |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 0.27 |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 0.25 |

| NOMBRE UNIDAD HIDROGRÁFICA | CÓDIGO UNIDAD HIDROGRÁFICA | ÍNDICE DE ARIDEZ |
|---|----------------------------|------------------|
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 0.24 |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 0.29 |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 0.28 |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 0.24 |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 0.31 |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 0.28 |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 0.23 |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 0.24 |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 0.27 |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 0.28 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 0.30 |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 0.26 |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 0.27 |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 0.26 |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 0.30 |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 0.21 |
| Río Opia | 2122-99-08 | 0.25 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Figura 5.1-266 se muestra el IA para el área de influencia.

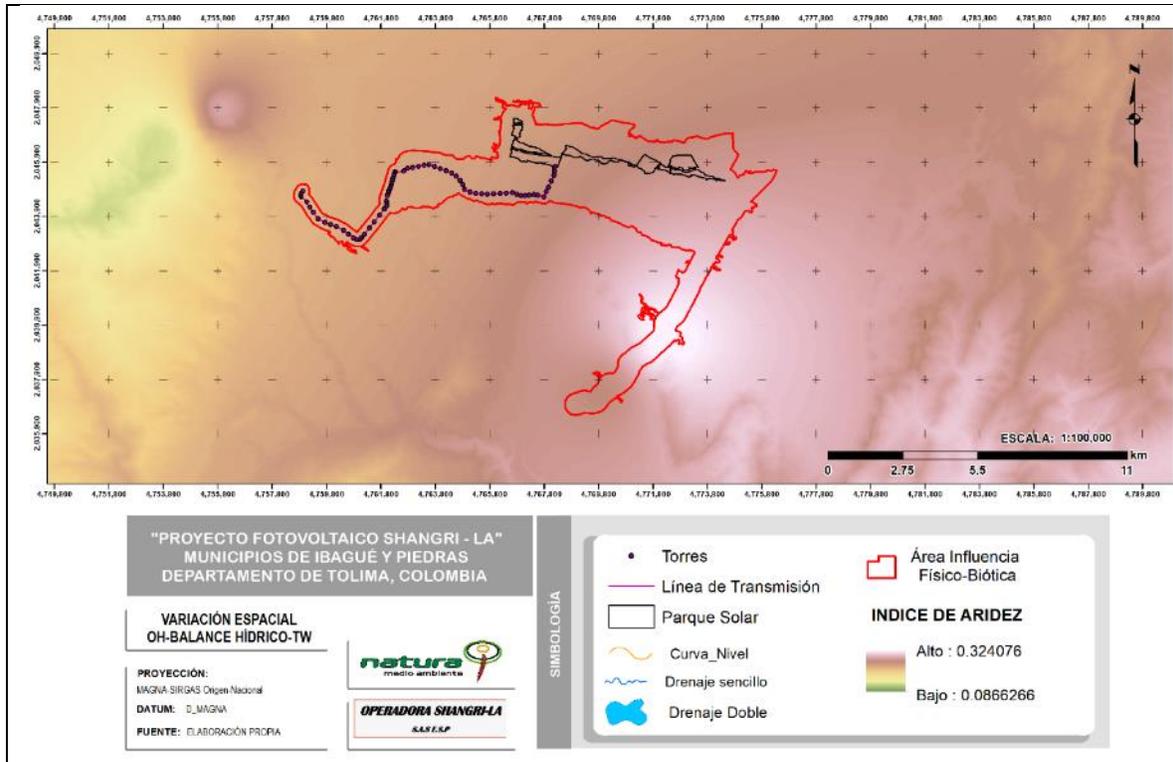


Figura 5.1-266 Índice de aridez del área de influencia

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.9.2 Índice de retención y regulación hídrica, IRH

El Índice de retención y de regulación evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelos vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas morfométricas de la cuenca. Este índice permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto.

El índice se calculó con base en la curva de duración de caudales medios, esta curva permite reconocer las condiciones de regulación de la cuenca y los valores característicos medios de caudales, e interpretar, en forma general, las características del régimen hidrológico de un río, y el comportamiento de la retención y la regulación de humedad en la cuenca.

La expresión matemática de cálculo es la siguiente:

$$IRH = VP/Vt$$

Donde:

IRH: Índice de retención y regulación Hídrica.

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio (Q 50%).

Vt: Volumen total representado por el área total de la curva de duración de caudales.

Los valores obtenidos con la estimación del IRH se agrupan en rangos para facilitar las comparaciones. A cada rango se le asigna una calificación, cualitativa, que corresponde a la descripción que se presenta en la Tabla 5.1-116.

Tabla 5.1-116 Calificación de los rangos del IRH

| RANGOS DE VALORES DEL INDICADOR | CALIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------|--------------|--|
| IRH > 0,85 | Muy Alta | Muy alta retención y regulación de humedad |
| 0,75 < IRH < 0,85 | Alta | Alta retención y regulación de humedad |
| 0,65 < IRH < 0,75 | Moderada | Media retención y regulación de humedad |
| 0,50 < IRH < 0,65 | Baja | Baja retención y regulación de humedad |
| IRH < 0,50 | Muy Baja | Muy Baja retención y regulación de humedad |

Fuente: Datos tomados del Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2010) (IDEAM, 2015) (IDEAM, 2019).

En la Tabla 5.1-117 se presenta el IRH calculado para cada una de las unidades hidrográficas. El IRH calculado (0.383) indica una muy baja retención y regulación de humedad.

Tabla 5.1-117 Cálculos IRH de las unidades hidrográficas del área de influencia

| NOMBRE | CÓDIGO | ÁREA (ha) | V50 | VT | IRH | CLASE IRH |
|-------------------------|------------|-----------|---------|---------|------|-----------|
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 284,89 | 2100,3 | 5478,2 | 0,38 | Muy Baja |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 227,81 | 1610,5 | 4200,7 | 0,38 | Muy Baja |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 586,87 | 4017,0 | 10477,7 | 0,38 | Muy Baja |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 1626,96 | 11103,7 | 28962,2 | 0,38 | Muy Baja |

| NOMBRE | CÓDIGO | ÁREA (ha) | V50 | VT | IRH | CLASE IRH |
|---|------------|--------------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 1386,14 | 9820,3 | 25614,6 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 655,68 | 4761,3 | 12419,0 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 260,47 | 1684,5 | 4393,9 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 3997,99 | 26273, 1 | 68529,1 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 461,43 | 3352,7 | 8744,9 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 280,91 | 1702,8 | 4441,5 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 302,28 | 2010,2 | 5243,3 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 121,54 | 904,4 | 2359,0 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 217,87 | 1581,3 | 4124,6 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 676,25 | 4578,2 | 11941,4 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 513,23 | 3361,7 | 8768,3 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 305,08 | 1933,2 | 5042,4 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 998,72 | 7025,1 | 18323,8 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 1533,25 | 10424, 8 | 27191,5 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 680,17 | 4722,5 | 12317,9 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 261,59 | 1621,8 | 4230,1 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 6677,01 | 49810, 9 | 129923, 3 | 0,38 3 | Muy Baja |
| Río Opía | 2122-99-08 | 2065,52 | 14619, 9 | 38133,6 | 0,38 3 | Muy Baja |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.9.3 Índice de uso del agua, IUA

De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua 2014 (IDEAM, 2015), el IUA relaciona la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores y usuarios, en un periodo determinado y en una unidad espacial de análisis dada, con respecto a la oferta hídrica superficial disponible (OHSD) en ese mismo periodo y espacio. La OHSD es la cantidad de agua que se encuentra disponible en una cuenca para ser aprovechada. Se calcula como la sustracción del volumen por caudal ambiental a la oferta hídrica total superficial. Es importante aclarar que las ofertas hídricas están concebidas como un volumen y no como un caudal.

La fórmula para el cálculo del IUA es la siguiente:

$$IUA = \frac{Dh}{OHSD} \times 100$$

Donde:

Dh : es la demanda hídrica sectorial.

Ahora bien, la OHSD se calcula como:

$$OHSD = O_{Total} - O_{Amb}$$

Donde:

O_{Total} : es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada.

O_{Amb} : es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en las mismas condiciones de la O_{Total} .

En la Tabla 5.1-118 se presenta el cálculo de la oferta hídrica superficial disponible a partir de los valores de OHTS y caudal ambiental.

Tabla 5.1-118 Cálculo de la oferta hídrica superficial disponible

| NOMBRE | CÓDIGO | OFERTA HÍDRICA TOTAL | CAUDAL AMBIENTAL - Q75 | OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DISPONIBLE |
|---|------------|-------------------------|---------------------------|---|
| | | [l/s] | | |
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 59,1 | 15,8 | 43,2 |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 41,6 | 12,2 | 29,4 |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 99,3 | 30,3 | 69,0 |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 277,0 | 83,8 | 193,3 |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 261,3 | 74,1 | 187,2 |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 131,3 | 35,9 | 95,3 |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 39,1 | 12,7 | 26,3 |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 631,3 | 198,2 | 433,0 |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 92,2 | 25,3 | 66,9 |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 36,6 | 12,8 | 23,8 |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 47,6 | 15,2 | 32,4 |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 25,8 | 6,8 | 19,0 |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 43,1 | 11,9 | 31,2 |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 113,2 | 34,5 | 78,6 |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 80,0 | 25,4 | 54,6 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 44,0 | 14,6 | 29,4 |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 180,4 | 53,0 | 127,4 |

| NOMBRE | CÓDIGO | OFERTA HÍDRICA TOTAL | CAUDAL AMBIENTAL - Q75 | OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL DISPONIBLE |
|----------------------|------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------|
| | | [l/s] | | |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 256,2 | 78,7 | 177,5 |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 119,9 | 35,6 | 84,3 |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 35,8 | 12,2 | 23,6 |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 1525,9 | 375,8 | 1150,1 |
| Río Opia | 2122-99-08 | 387,2 | 110,3 | 276,9 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Tabla 5.1-119, la demanda hídrica se calculó con base en el IUA reportado en el ENA 2018 de las subzonas hidrográficas representativas.

Tabla 5.1-119 Cálculo de la demanda hídrica

| NOMBRE | CÓDIGO | DEMANDA (l/s) |
|---|------------|---------------|
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 7,36 |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 13,34 |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 31,29 |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 32,93 |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 84,92 |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 16,24 |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 11,95 |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 73,79 |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 11,41 |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 4,05 |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 14,72 |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 3,24 |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 5,32 |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 35,66 |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 24,78 |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 13,32 |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 57,79 |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 30,25 |

| NOMBRE | CÓDIGO | DEMANDA (l/s) |
|----------------------|------------|---------------|
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 38,22 |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 10,70 |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 664,42 |
| Río Opia | 2122-99-08 | 125,61 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Tabla 5.1-120 los valores de IUA se toman del ENA 2018 de las subzonas hidrográficas representativas

Tabla 5.1-120 Cálculo del índice del uso del agua, IUA

| NOMBRE | CÓDIGO | IUA | CLASE IUA |
|---|------------|-------|-----------|
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | 17,04 | Moderado |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | 45,36 | Alto |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | 45,36 | Alto |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | 17,04 | Moderado |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | 45,36 | Alto |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | 17,04 | Moderado |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | 45,36 | Alto |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | 17,04 | Moderado |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | 17,04 | Moderado |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | 17,04 | Moderado |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | 45,36 | Alto |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | 17,04 | Moderado |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | 17,04 | Moderado |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | 45,36 | Alto |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | 45,36 | Alto |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | 45,36 | Alto |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | 45,36 | Alto |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | 17,04 | Moderado |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | 45,36 | Alto |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | 45,36 | Alto |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | 57,77 | Muy Alto |
| Río Opia | 2122-99-08 | 45,36 | Alto |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Figura 5.1-267 se presenta especialmente el IUA de las unidades hidrográficas del AI.

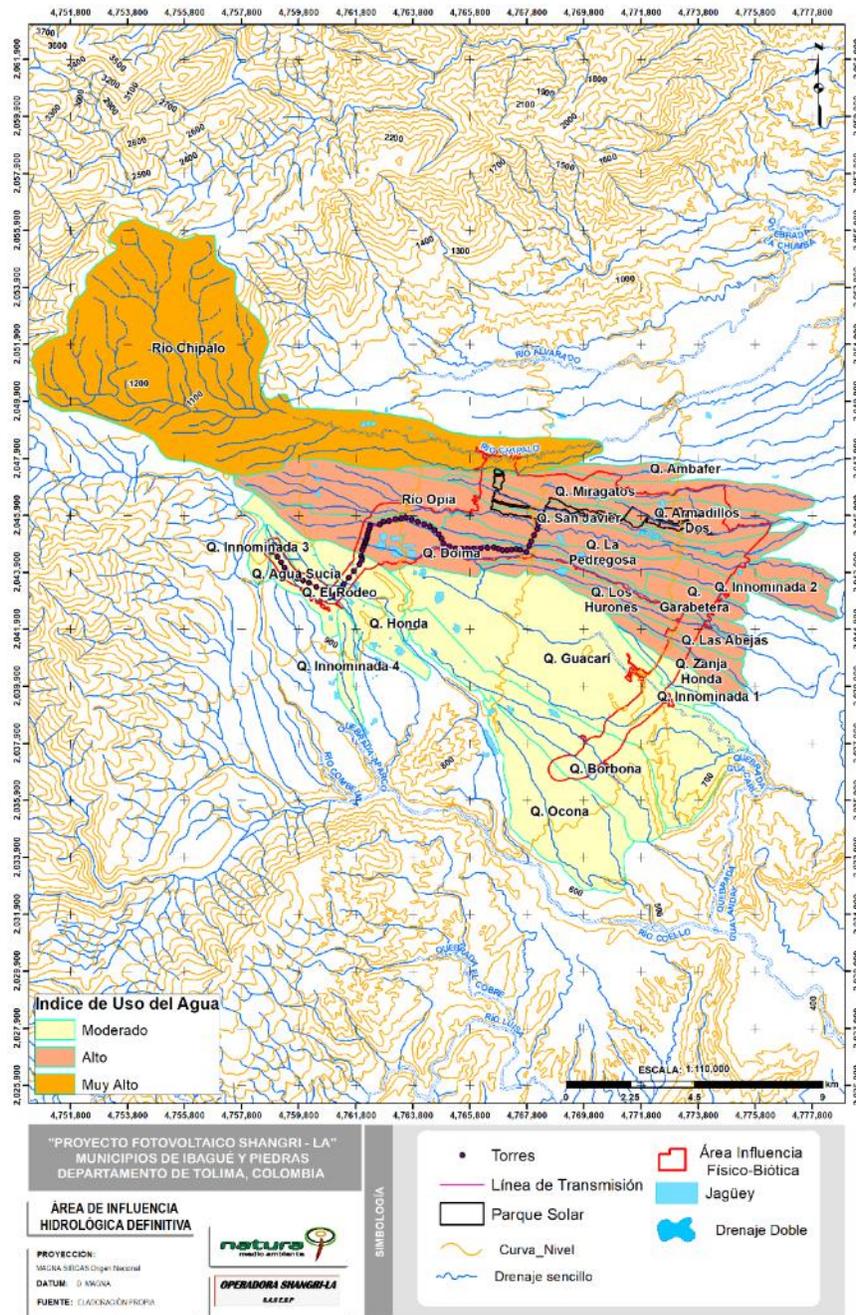


Figura 5.1-267 Índice de uso del agua del área de influencia

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.9.4 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico, IVH

De acuerdo con el ENA 2014, el índice de vulnerabilidad hídrica (IVH) mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que, ante amenazas naturales como periodos largos de estiaje o periodos de alta pluviosidad, podría generar riesgos de desabastecimiento (IDEAM, 2015). Este indicador se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA) (ver Tabla 5.1-121).

Tabla 5.1-121 Matriz índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH)

| Vulnerabilidad del recurso hídrico relación IRH – IUA | | | | | |
|---|-----------|----------------------|----------|----------|----------|
| IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda) | | Índice de regulación | | | |
| Rango | Categoría | Alta | Moderado | Baja | Muy baja |
| <1 | Muy bajo | Muy baja | Baja | Media | Media |
| 1 - 10 | Bajo | Baja | Baja | Media | Media |
| 10 - 20 | Moderado | Media | Media | Alta | Alta |
| 20 - 50 | Alto | Media | Alta | Alta | Muy alta |
| 50 - 100 | Muy alto | Media | Alta | Alta | Muy alta |
| > 100 | Crítico | Muy alta | Muy alta | Muy alta | Muy alta |

Fuente: tomado de Estudio Nacional del Agua 2014 (IDEAM, 2015).

En la Tabla 5.1-122 se presenta el IVH para las unidades hidrográficas delimitadas en el estudio. Se reconoce que el escenario es altamente vulnerable al desabastecimiento hídrico, lo cual se sustenta en la baja retención y regulación de humedad de las cuencas, así como en el IUA que experimentan.

Tabla 5.1-122 Cálculo del IVH para las cuencas delimitadas en el AI

| NOMBRE | CÓDIGO | CLASE IUA | CLASE IRH | IVH |
|-------------------------|------------|-----------|-----------|----------|
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | Moderado | Muy Baja | Alta |

| NOMBRE | CÓDIGO | CLASE IUA | CLASE IRH | IVH |
|---|------------|-----------|-----------|----------|
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | Muy Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Río Opia | 2122-99-08 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Figura 5.1-268 se presenta espacialmente el IVH de las unidades hidrográficas del AI.

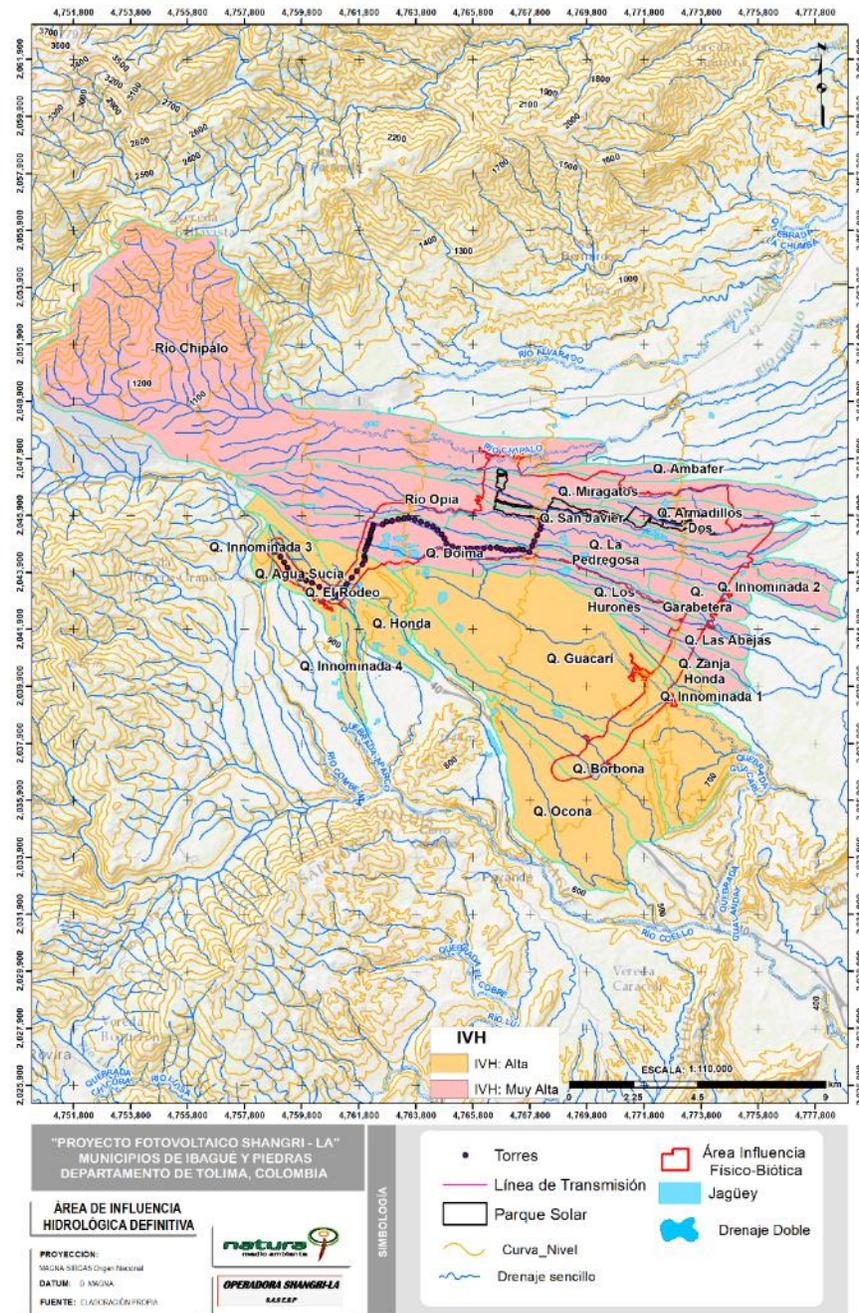


Figura 5.1-268 Índice vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico del área de influencia

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

De acuerdo con el ENA 2014, el índice de vulnerabilidad hídrica (IVH) mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que, ante amenazas naturales como periodos largos de estiaje o periodos de alta pluviosidad, podría generar riesgos de desabastecimiento (IDEAM, 2015). Este indicador

se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA) (ver Tabla 5.1-123).

Tabla 5.1-123 Matriz índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH)

| Vulnerabilidad del recurso hídrico relación IRH – IUA | | | | | |
|---|-----------|----------------------|----------|----------|----------|
| IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda) | | Índice de regulación | | | |
| Rango | Categoría | Alta | Moderado | Baja | Muy baja |
| <1 | Muy bajo | Muy baja | Baja | Media | Media |
| 1 - 10 | Bajo | Baja | Baja | Media | Media |
| 10 - 20 | Moderado | Media | Media | Alta | Alta |
| 20 - 50 | Alto | Media | Alta | Alta | Muy alta |
| 50 - 100 | Muy alto | Media | Alta | Alta | Muy alta |
| > 100 | Crítico | Muy alta | Muy alta | Muy alta | Muy alta |

Fuente: tomado de Estudio Nacional del Agua 2014 (IDEAM, 2015).

En la Tabla 5.1-124 y la Figura 5.1-269 se presenta el IVH para las unidades hidrográficas delimitadas en el estudio. Se reconoce que el escenario es altamente vulnerable al desabastecimiento hídrico, lo cual se sustenta en la baja retención y regulación de humedad de las cuencas, así como en el IUA que experimentan.

Tabla 5.1-124 Cálculo del IVH para las cuencas delimitadas en el AI

| NOMBRE | CÓDIGO | CLASE IUA | CLASE IRH | IVH |
|---|------------|-----------|-----------|----------|
| Quebrada Agua Sucia | 2121-99-02 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Ambafer | 2122-99-12 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Armadillos Dos | 2122-99-10 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Borbona | 2121-99-07 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Doima | 2122-99-04 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada El Rodeo | 2121-99-04 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Garabetera | 2122-99-05 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Guacarí | 2121-99-08 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Honda | 2121-99-05 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Innominada 1 | 2121-99-09 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Innominada 2 | 2122-99-07 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Innominada 3 | 2121-99-01 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada Innominada 4 | 2121-99-03 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada La Pedregosa | 2122-99-06 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Las Abejas | 2122-99-03 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Los Hurones (Quebrada El Bustamante) | 2122-99-02 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |

| NOMBRE | CÓDIGO | CLASE IUA | CLASE IRH | IVH |
|----------------------|------------|-----------|-----------|----------|
| Quebrada Miragatos | 2122-99-11 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Ocona | 2121-99-06 | Moderado | Muy Baja | Alta |
| Quebrada San Javier | 2122-99-09 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Quebrada Zanja Honda | 2122-99-01 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Río Chípalo | 2124-99-01 | Muy Alto | Muy Baja | Muy Alta |
| Río Opia | 2122-99-08 | Alto | Muy Baja | Muy Alta |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

En la Figura 5.1-269 , se presenta espacialmente el IVH de las unidades hidrográficas del AI.

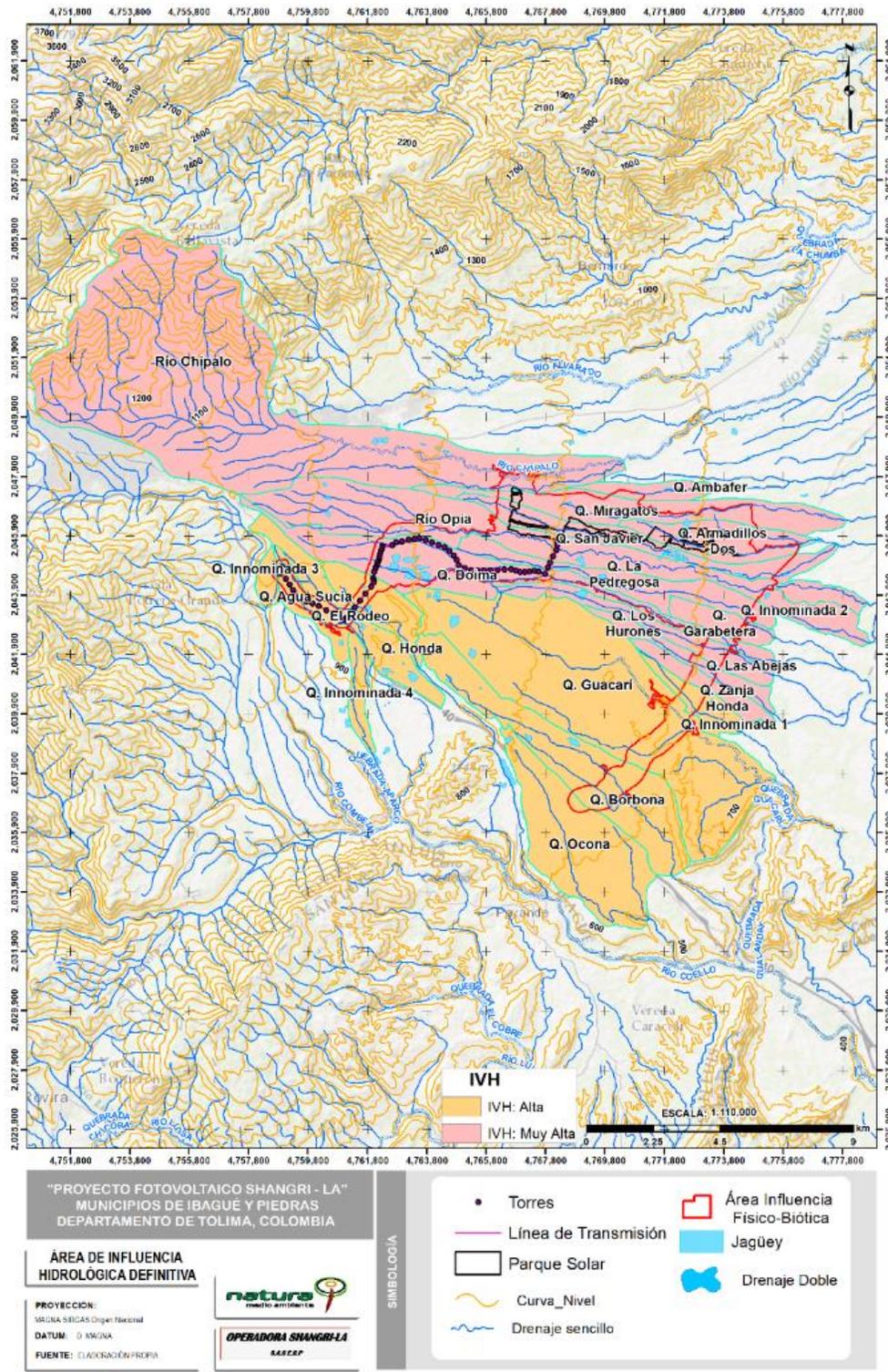


Figura 5.1-269 Índice vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico del área de influencia

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE

5.1.6.10 Clima

De acuerdo con el Atlas Climatológico de Colombia, el Clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dados, y controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático (atmósfera, hidrósfera, litósfera, criósfera, biosfera y antropósfera)²⁶.

5.1.6.10.1 Metodología para la caracterización climática

5.1.6.10.1.1 Selección de estaciones meteorológicas

Los registros meteorológicos utilizados en el análisis climático correspondieron a los reportados por las estaciones más próximas al área de influencia directa (ANEXOS_EIA_SHANGRI_LA/D_CAP_5_CAR_AREA_INFLUENCIA/D.1.

ABIÓTICO/HIDROLOGÍA/ANEXO HIDROLOGÍA-TRATAMIENTO ESTADÍSTICO). Para ello, se identificaron preliminarmente algunas estaciones climatológicas cercanas consultadas en el catálogo del IDEAM, teniendo en cuenta el entorno fisiográfico e hidrográfico, que luego se verificaron en relación con la suficiencia de la información para un periodo de análisis de 20 años. Las estaciones activas utilizadas en este componente son las presentadas en la siguiente tabla.

Tabla 5.1-125. Estaciones de precipitación utilizadas

| NOMBRE | CÓDIGO | CATEGORÍA | ESTE [m]* | NORTE [m]* | ALTITUD [msnm] |
|-------------------|----------|-------------------------|------------|------------|----------------|
| ACEITUNO EL | 21220050 | Pluviométrica | 4772243,72 | 2039362,53 | 680 |
| APTO PERALES | 21245040 | Sinóptica secundaria | 4762681,23 | 2047205,78 | 943 |
| BUENOS AIRES | 21210200 | Pluviométrica | 4769975,34 | 2037344,78 | 728 |
| CHICORAL | 21215080 | Climatológica ordinaria | 4778611,53 | 2025866,4 | 432 |
| INTERLAKEN | 21210240 | Pluviométrica | 4753675,31 | 2046888,21 | 1,174 |
| SAN JUAN DE CHINA | 21240030 | Pluviométrica | 4769823,82 | 2060266,03 | 1,98 |

²⁶ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Atlas Climatológico de Colombia, 2005. Parte I. ISBN 958-8067-14-6.

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

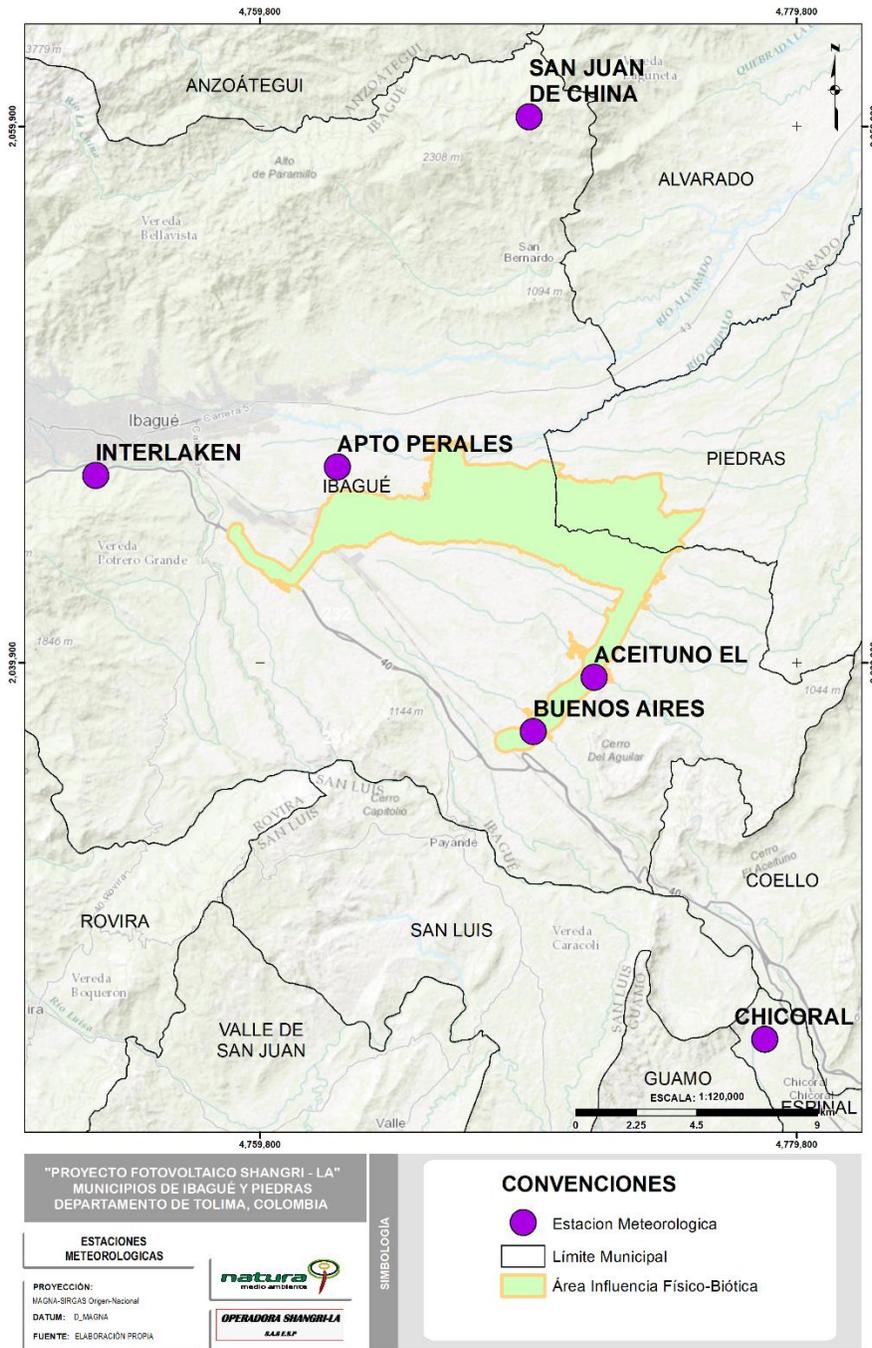


Figura 5.1-270 Estaciones meteorológicas

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.10.1.2 Selección de series de los tiempos

Para la selección del periodo analizado, se consideraron los registros de las estaciones que presentaron series históricas más completas. Estas series fueron sometidas a un proceso de verificación de la información y generación de datos faltantes, con el fin de que el análisis de clima tenga resultados con un nivel de incertidumbre bajo y permitan realizar una mejor caracterización.

5.1.6.10.1.3 Análisis de información

El análisis de un elemento meteorológico se basa en los resultados de un proceso que incluye el inventario y selección de la información, la depuración, la selección del período de estudio y la estimación de datos que falten en la serie estudiada (*Eslava, Parra y Villalba, 1985*). Las metodologías utilizadas en el análisis de la información climática se describen a continuación:

5.1.6.10.1.3.1 Estimativos de datos faltantes por los datos de precipitación

Las series de datos reportadas por el IDEAM para la variable de "Precipitación total mensual", habitualmente presentan vacíos y faltas de registro a causa de factores como ausencia de registrador, fallas del instrumento, entre otros; por lo que se debe asegurar la consistencia estadística de la información mediante la estimación de estos datos faltantes; para ello se utilizan los datos de estaciones índices que cuentan con datos completos y que se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud similar a la estación en estudio. Una vez se tiene para cada una de las estaciones las series de precipitación completas, se recalculan las tendencias medias de la precipitación para el periodo de análisis seleccionado (2000-2021).

5.1.6.10.1.3.2 Determinación de tendencias medias, máximas y mínimas por parámetros

Una vez se hace el estimativo de los datos faltantes, se realiza el cálculo de las tendencias medias, máximas y mínimas de cada parámetro, para el periodo de análisis homogéneo seleccionado (20 años).

5.1.6.10.1.3.3 Análisis espacial de precipitación y temperatura

Realizada la caracterización temporal de la precipitación y la temperatura a partir de los registros recopilados, se elaboraron las figuras de distribución climática espacial, denominadas isoyetas e isotermas. Las isoyetas e isotermas se calcularon mediante la herramienta de interpolación IDW (Inverse distance weight interpolation) de la extensión de Geoestadística de ArcGis 10.5. El método IDW se basa en el principio donde los elementos son más parecidos mientras a su vez estén más cercanos y la interpolación la realiza asignando una ponderación mayor a los puntos más cercanos al punto a predecir, que aquellos que están más alejados.

5.1.6.10.2 Marco regional del clima

El clima de Colombia se ha descrito como típicamente tropical (Snow, 1976), en el sentido que el rango diario de la temperatura es bastante amplio en comparación con los rangos mensuales o anuales.

Los procesos generadores de precipitación en Colombia están regidos por la Zona de Convergencia Intertropical (con sus siglas ZCIT), anticiclones subtropicales, ondas del este del caribe, vaguadas de latitudes medias, características de mesoescala, ciclones tropicales, sistemas del pacífico y sistemas de la Amazonía, los cuales originan un patrón de distribución general por regiones.

Según lo señalado en el Atlas Climatológico de Colombia, la región Caribe registra lluvias entre 500 y 2000 mm en el año, con un gradiente muy definido en dirección sur. La mayor parte del centro de la región, correspondiente a los departamentos de Atlántico, Magdalena, norte de Sucre, Cesar y Córdoba, presenta valores de 50 a 100 días con lluvia, mientras que sobre la parte sur de los mismos departamentos se registran entre 100 y 150 días con lluvia²⁷.

En cuanto al parámetro humedad del aire, en el departamento de Ibagué, los valores oscilan entre el 50 y 65%. A través del año la humedad relativa, en general, presenta sus valores mínimos a comienzos del año, entre febrero y marzo, y los máximos hacia el

²⁷ Ibid. Parte II. p.27.

final, entre septiembre y noviembre. Hacia el mes de julio se presenta un descenso entre ligero y moderado de los valores de la humedad en casi toda la región²⁸.

La velocidad media anual multianual del viento varía en Colombia entre 0 y unos 20 km/h, en términos generales, siendo mayor en las zonas costeras del norte del país, que alcanzan a recibir plenamente la influencia de los vientos alisios del noreste durante el invierno boreal, cuando la ZCIT alcanza su posición más meridional. La velocidad media anual del viento en el suroccidente de la región Caribe varía entre 5 y 10 Km/h²⁹.

El promedio multianual de la irradiación global recibida en superficie sobre el territorio colombiano se representa como el valor de la energía corresponde al valor agregado de los kWh que en promedio inciden durante el día sobre un metro cuadrado, expresado en kWh/m². En una distribución espacial más específica y real sobre la distribución a nivel mundial de la irradiación global horizontal, manteniéndose el comportamiento de los promedios más altos en la región Caribe y en amplios sectores de la Orinoquia (IDEAM, 2014).

A continuación, se presentan los principales elementos climáticos con los cuales se realiza la descripción climatológica del área de estudio, teniendo en cuenta las estaciones climatológicas seleccionadas.

5.1.6.10.3 Principales elementos climáticos

5.1.6.10.3.1 Precipitación

Es un proceso mediante el cual el agua cae a la superficie y su formación requiere la elevación de una masa de agua en la atmosfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense, siendo uno de los componentes principales del balance

²⁸ *Ibíd.* Parte II. p.42.

²⁹ *Ibíd.* Parte II. p.52.

hídrico, por aportar el agua que alimenta la red de drenaje tanto superficial como subterránea³⁰.

El área de influencia del presente proyecto presenta un comportamiento de la precipitación media mensual multianual monomodal, el cual corresponde a regiones en las cuales se tiene un año con dos periodos diferenciados; el primer periodo es característico de bajas precipitaciones y comprende los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Seguido de los meses de mayo a octubre donde se registra un aumento de las precipitaciones, con valores máximos en los meses de agosto y septiembre. Este periodo de máximas precipitaciones inicia en abril y culmina en el mes de noviembre, característico por marcar el periodo medio de precipitación siendo la transición entre el periodo húmedo y seco. En la siguiente tabla se presentan los valores totales mensuales y anuales multianuales de los registros históricos de las estaciones seleccionadas.

Tabla 5.1-126. Estaciones de precipitación utilizadas

| NOMBRE | CÓDIGO | CATEGORÍA | PRECIPITACIÓN MEDIA ANAUL |
|-------------------|----------|-------------------------|---------------------------|
| ACEITUNO EL | 21220050 | Pluviométrica | 1349,4 |
| APTO PERALES | 21245040 | Sinóptica secundaria | 1656,9 |
| BUENOS AIRES | 21210200 | Pluviométrica | 1487,4 |
| CHICORAL | 21215080 | Climatológica ordinaria | 1490,4 |
| INTERLAKEN | 21210240 | Pluviométrica | 1680,9 |
| SAN JUAN DE CHINA | 21240030 | Pluviométrica | 1862,5 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.10.3.1.1 Distribución espacial de la precipitación

De acuerdo con lo presentado en la siguiente figura se observa de forma generalizada que las precipitaciones tienen valores superiores hacia los sectores sur y este, con volúmenes de 1.841 mm y hacia el norte disminuye de manera considerable hacia un mínimo de 1.126 mm.

³⁰ Marín, R. Estadística sobre el recurso hídrico en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá, 2002.

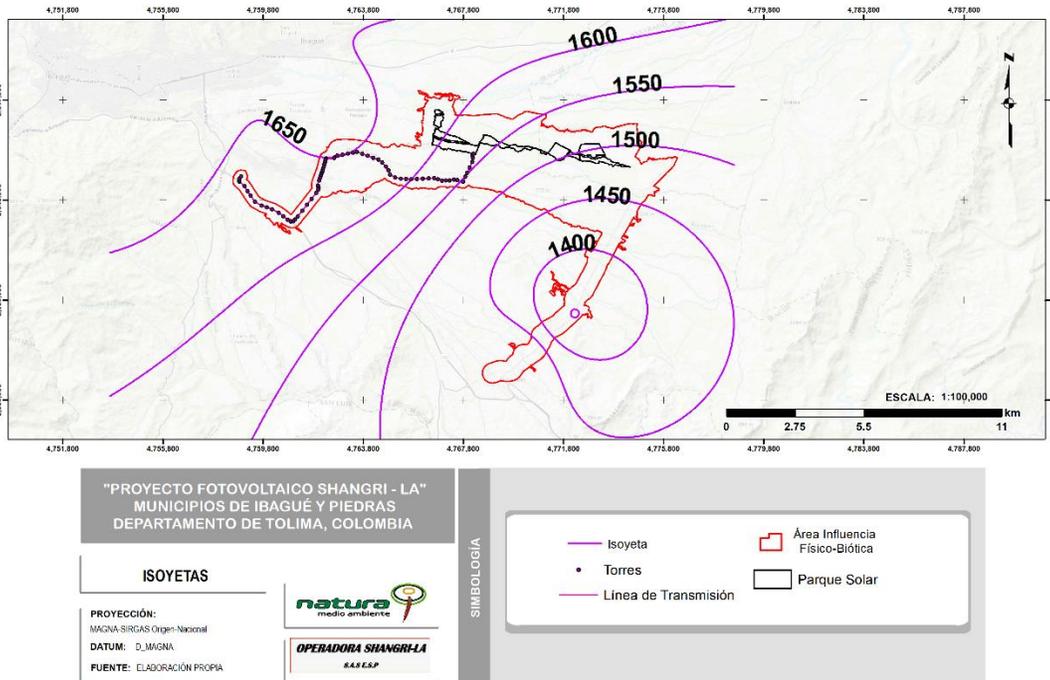


Figura 5.1-271 Distribución de la precipitación (mm/año)

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.10.3.2 Temperatura

En particular, cuando se habla de la temperatura del aire, se refiere a la medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad para comunicar calor a su alrededor. La Temperatura media corresponde al promedio de las temperaturas observadas en el curso de un intervalo de tiempo determinado³¹.

Para el análisis del parámetro temperatura mensual, se utilizaron los registros de las estaciones que contaban con mediciones para el periodo de tiempo evaluado: APTO PERALES, CHICORAL. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede observar que el comportamiento temporal de la temperatura mensual multianual es de naturaleza monomodal, sin evidenciarse cambios drásticos en los valores. El rango del promedio para este parámetro varía entre 25,2°C y 24,8°C.

³¹ Ibid. Parte II. p.27.

Tabla 5.1-127. Estaciones de temperatura

| NOMBRE | CÓDIGO | TEMPERATURA MEDIA ANUAL |
|--------------|----------|-------------------------|
| APTO PERALES | 21245040 | 25,2 |
| CHICORAL | 21215080 | 24,8 |

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.10.3.2.1 Distribución espacial de la temperatura

La distribución espacial de la temperatura en área de estudio expresada mediante isotermas se muestra en la siguiente figura; esta sugiere un incremento paulatino de sur occidente (27,32 °C) a nor oriente (28,02) del área de Producción.

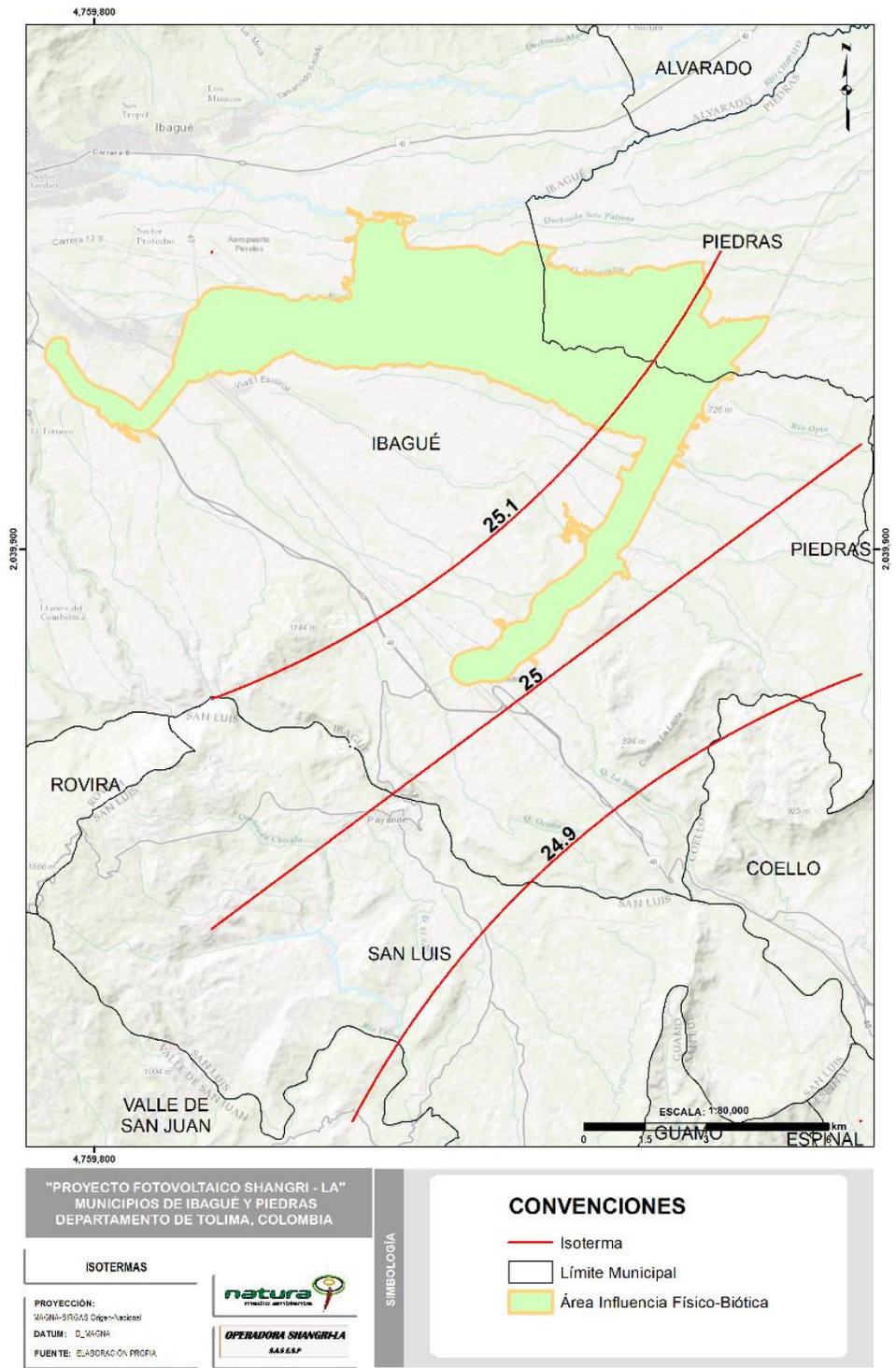


Figura 5.1-272 Distribución espacial de la temperatura (grados centígrados)
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.10.3.3 Clasificación y zonificación climática

Con el fin de establecer la clasificación climática del área de influencia del proyecto fotovoltaico Shangri La, se toma la información climatológica descrita en los anteriores numerales y se adopta la metodología interinstitucional desarrollada por IDEAM, IAvH, Invemar, I.Sinchi, IIAP e IGAC en el documento denominado Ecosistemas continentales, costeros, y marinos de Colombia en el cual se desarrolló el Mapa de ecosistemas y un conjunto de mapas temáticos a escala actualizada 1:500.000 dentro de los cuales se encuentra el mapa de precipitación, temperatura y zonificación climática.

La metodología desarrollada para la elaboración del mapa de zonificación climática, clasifica el territorio teniendo en cuenta las variables de temperatura y precipitación propias de la geografía colombiana, dichos elementos meteorológicos son considerados relevantes para la caracterización desde el punto de vista climático.

El mapa de zonificación climática se obtiene a partir de los mapas fuente de temperatura y precipitación a continuación se describen las principales características de cada uno de los mapas fuente.

5.1.6.10.3.3.1 Clasificación Climática Mapa de Temperatura Media Anual

La presente clasificación obedece a la adaptación de la metodología propuesta por Caldas en 1802. La categorización por pisos térmicos corresponde a la delimitación de zonas de acuerdo con la variable de temperatura media anual (°C) y la altitud (m.s.n.m), considerando de esta manera cinco categorías o denominaciones termales.

Esta metodología une las categorías termales extremadamente frío y nival en una sola temática debido a los pocos polígonos que se encuentran por encima de los 4.500 m. y cambia las siguientes denominaciones térmicas originales de Caldas: El sistema designado como "paramo alto" cambio a la denominación de muy frío y el sistema "paramo bajo" cambio al calificativo extremadamente frío.

A continuación, en la siguiente tabla se describen los rangos de temperatura y altitudes propias de cada categoría:

Tabla 5.1-128. Denominación termal.

| DENOMINACIÓN TERMAL | RANGOS ALTITUDINALES (m.s.n.m.) | RANGOS DE TEMPERATURA |
|-------------------------------|---|---|
| Cálido | De 0 a 800 | T > 24°C |
| Templado | De 801 a 1800 | Entre 18°C y 24°C |
| Frío | De 1801 a 2800 | Entre 12°C y 18°C |
| Muy Frío | De 2801 a 3700 | Entre 6°C y 12°C |
| Extremadamente frío y/o Nival | De 3701 a 4500 y de 4500 en adelante para nival | Entre 1.5°C y 6°C, y menores a 1.5 para nival |

Fuente: ECOSISTEMAS CONTINENTALES COSTEROS Y MARINOS DE COLOMBIA, 2007.

Para la clasificación de los pisos térmicos en el área de influencia del Proyecto Fotovoltaico Shangri La, se empleó un modelo de elevación digital de 30 m, con el cual se obtuvo la distribución espacial de la temperatura, por medio de la ecuación determinada en el estudio citado, para relacionar la temperatura del aire con la altura sobre el nivel del mar:

$$T = 28.1926 - (0.00561473 \times H)$$

Dónde:

T =Temperatura media [°C].

H =Elevación sobre el nivel del mar [m.s.n.m].

Posteriormente se procedió a cruzar y determinar la denominación termal presente en la zona de estudio.

5.1.6.10.3.3.1.1 Clasificación climática por rangos de precipitación

El mapa de precipitación clasifica el territorio en zonas obedeciendo a la estimación de rangos de precipitación anual ajustando las metodologías de Caldas –Lang, Holdridge y las sugeridas por el IGAC.

En la siguiente tabla se describe el tipo de denominación y los rangos de precipitación anual característicos de cada zona.

Tabla 5.1-129. Denominación según Precipitación.

| DENOMINACIÓN | RANGOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL (mm/año) |
|--------------|--|
| Árido | 0-500 |
| Muy Seco | 500-1.000 |
| Seco | 1.001-2.000 |
| Húmedo | 2.001-3.000 |
| Muy Húmedo | 3.001-7.000 |
| Pluvial | >7.000 |

Fuente: ECOSISTEMAS CONTINENTALES COSTEROS Y MARINOS DE COLOMBIA, 2007.

Para el mapa de precipitación anual en el área de estudio, se emplearon los datos proporcionados por IDEAM para las seis (6) estaciones y como lo establece la metodología del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, se realizó una interpolación multivariada geoestadística, con el método Cokriging; de manera que se obtuviese una superficie continua para el campo de precipitación, donde se presentaron variaciones entre 1349,4mm a 1862,5 mm de precipitación total anual.

5.1.6.10.3.3.1.2 Presión Atmosférica

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra, esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud a razón, en las capas atmosféricas más bajas, de un (1) mm Hg cada 10 metros (o un (1) mb o hPa cada ocho (8) m). Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión atmosférica además de la altitud, depende de muchas otras variables como la situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas. Debido a la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar, hace de ésta una variable fundamental que varía significativamente en latitudes medias y altas. En los trópicos la variación es menos notoria, dependiendo más de la altitud³².

³² SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Informe anual de calidad de aire de Bogotá, 2011.

En la zona no se cuenta con mediciones de presión atmosférica, por lo que se ha estimado el valor de esta a manera general, Con el objetivo de obtener valores representativos, se realizaron las estimaciones de la presión atmosférica bajo la hipótesis de una atmósfera estándar, para cada una de las estaciones del IDEAM seleccionadas, a partir de la ecuación que relaciona el cambio de presión con la altitud partiendo de la presión atmosférica a nivel del mar³³:

$$P = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26}$$

Dónde:

P = Presión atmosférica a una altitud z (msnm)

Z = Altitud del lugar (m)

Debido a que ninguna estación meteorológica registra presión atmosférica, no es posible determinar la variación mensual de este parámetro. Sin embargo, de acuerdo con el POT del municipio de Ibagué, el valor de presión atmosférica es de 651 mmHg.

5.1.6.10.3.3.1.3 Humedad relativa

La humedad relativa se define como el contenido de vapor de agua en la atmosfera. El vapor se produce por procesos de evaporación, transpiración y tiene una relación estrecha en la estabilidad atmosférica y por consiguiente con la ocurrencia y distribución de la precipitación. Una característica física del aire atmosférico es que tiene una capacidad máxima para almacenar vapor en forma de gas. Cuando el aire recibe un volumen de vapor de agua mayor al que puede almacenar como gas, el vapor sobrante se condensa sobre superficies cercanas o sobre núcleos de condensación, y el aire queda saturado (IDEAM, 20105)³⁴. Se expresa en unidades enteras que van de cero (0%) hasta el 100%. Los valores de humedad relativa dependen necesariamente de la temperatura del momento³⁵.

³³ EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. Roma, 2006.

³⁴ Op. cit.

³⁵ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Atlas Climatológico de Colombia.pag.37

Para la descripción del comportamiento de la humedad relativa en el área de estudio, se consideraron los valores medios máximos y mínimos mensuales multianuales para las cuatro estaciones que registraron información para el periodo evaluado.

Tabla 5.1-130. Humedad relativa mensual multianual (%).

| ESTACIÓN | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| APTO PERALES | 76,6 | 75,7 | 75,8 | 80,2 | 83,9 | 84,1 | 83,8 | 84,1 | 85,6 | 85,3 | 84,6 | 81,7 | 81,8 |
| BUENOS AIRES | 78,8 | 77,6 | 77,6 | 78,0 | 80,5 | 80,2 | 80,9 | 81,0 | 81,9 | 82,6 | 82,8 | 80,6 | 80,2 |
| CHICORAL | 84,6 | 82,9 | 82,6 | 83,5 | 86,6 | 86,6 | 85,9 | 87,4 | 87,9 | 86,9 | 86,1 | 86,8 | 85,7 |
| INTERLAKEN | 75,0 | 74,6 | 75,9 | 77,9 | 81,1 | 81,3 | 80,6 | 81,3 | 82,0 | 83,2 | 82,2 | 78,8 | 79,5 |

Fuente: ECOSISTEMAS CONTINENTALES COSTEROS Y MARINOS DE COLOMBIA, 2007.

El comportamiento de la humedad a través del año no varía de manera considerable en toda la región. De forma generalizada, se pueden observar valores mínimos a comienzos del año, en los meses de enero a abril; mientras que los valores máximos, se presentan entre agosto y octubre.

5.1.6.10.3.3.1.4 Viento

La velocidad del viento es un parámetro muy variable, tanto en el tiempo como en el espacio. Las velocidades son muy variables durante el transcurso del día y el patrón del comportamiento diario va cambiando durante el año³⁶.

Según la escala Beaufort, la intensidad del viento se define en 12 grados que denominan la intensidad del viento desde Calma hasta Huracán respectivamente y cuyas características se determinan de acuerdo con la velocidad promedio registrada (m/s).

Tabla 5.1-131. Clasificación de la velocidad del viento según escala de Beaufort.

| ESCALA | VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) | CARACTERÍSTICAS |
|--------|--------------------------|-----------------|
| 0 | 0,1 | Calma |
| 1 | 0,9 | Ventolina |
| 2 | 2,4 | Brisa muy débil |
| 3 | 4,4 | Brisa débil |
| 4 | 6,7 | Brisa moderada |

³⁶ Ibid. Parte II. p.52.

| ESCALA | VELOCIDAD PROMEDIO (m/s) | CARACTERÍSTICAS |
|--------|--------------------------|--|
| 5 | 9,4 | Brisa fresca |
| 6 | 12,3 | Brisa fuerte |
| 7 | 15,5 | Viento fuerte |
| 8 | 19 | Viento muy fuerte (se rompen ramas de árboles) |
| 9 | 22,6 | Viento muy fuerte (el viento arranca tejados) |
| 10 | 26,4 | Temporal huracanado |
| 11 | 30,5 | Borrasca |
| 12 | 32,7 | Huracán |

Fuente: Atlas Climatológico De Colombia. Distribución Espacio – Temporal De Las Variables Clima, 2005.

De las estaciones cercanas al área, las únicas que presentaron información para este parámetro fueron Aeropuerto Perales y Chicoral. Los datos relacionados tienen un grado de incertidumbre alto; en el caso de Aeropuerto Perales, ninguno de los años de las series históricas presentaba más de 5 meses con registros, imposibilitando establecer metodologías para completar los datos existentes ya que se estarían presentando datos con un nivel de incertidumbre mayor a los datos ya existentes. Por tal motivo los resultados corresponden a los valores medios calculados de la estación Aeropuerto Perales que, al ser comparados con documentos a nivel nacional como el Atlas Climatológico de Colombia, se encuentran acordes y son coherentes para este parámetro.

Del análisis de los valores medios mensuales de velocidad del viento se encuentra que los registros máximos en la zona son de 3,6 m/s en el mes de marzo, durante los meses de mayo y junio se registran los valores más bajos (2,7 m/s) con respecto al resto del año, clasificados como brisa muy débil.

Tabla 5.1-132. Valores medios mensuales de velocidad del viento (m/s).

| ESTACIÓN | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| APTO PERALES | 3,1 | 3,3 | 3,6 | 3,4 | 2,7 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 2,9 | 3,0 | 2,9 | 2,9 |

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2016.

En la siguiente figura se presenta la rosa de vientos para el área de estudio, la cual sugiere que los vientos predominantes a lo largo del año provienen del noreste y noroeste principalmente, con una velocidad promedio de 2,38 m/s. El rango de velocidades más frecuentes está entre 3 y 4 m/s; la distribución de las velocidades del viento simuladas para el periodo 2010 a 2014 en el modelo MM5 se muestra en la siguiente figura.

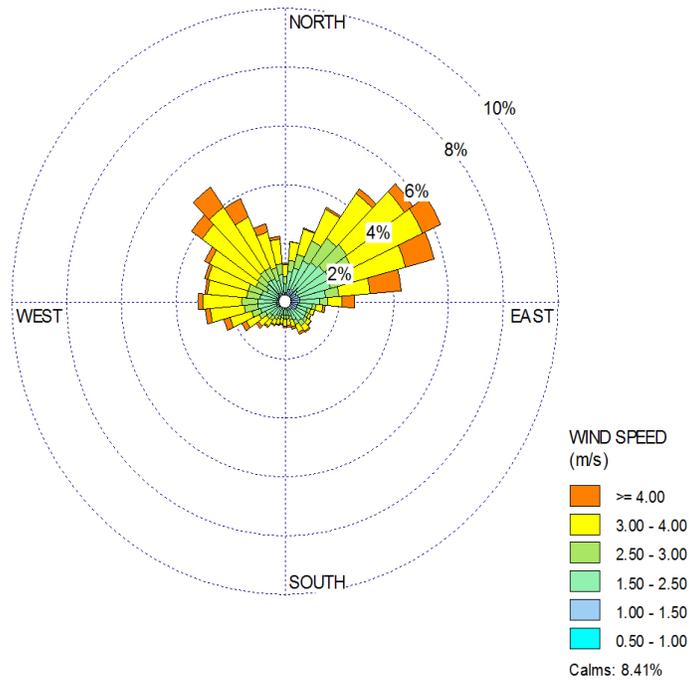


Figura 5.1-273 Rosa de vientos para el área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

5.1.6.10.3.3.1.5 Mapa de zonificación Climática

Como resultado de la intersección espacial de los dos anteriores mapas se obtiene el mapa de zonificación climática, el cual relaciona los rangos de precipitación con los rangos de temperatura, igualmente se tiene en cuenta la elevación para determinar la zona climática.

En la siguiente tabla se describen las 25 categorías a las que hace referencia el Mapa de zonificación climática para Colombia.

Tabla 5.1-133. Leyenda Mapa Zonificación Climática.

| CÁLIDOS (0-800 MSNM) TEMPERATURAS MAYORES A 24 °C | |
|---|------------------------|
| DENOMINACIÓN | PRECIPITACIÓN (MM/AÑO) |
| Árido | 0-500 |
| Muy Seco | 500-1.000 |
| Seco | 1.000-2.000 |
| Húmedo | 2.000-3.000 |

| | |
|--|-------------------------------|
| Muy Húmedo | 3.000-7.000 |
| Pluvial | >7.000 |
| TEMPLADOS (800-1.800 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 18°C Y 24 °C | |
| DENOMINACIÓN | PRECIPITACIÓN (MM/AÑO) |
| Muy Seco | 500-1.000 |
| Seco | 1.000-2.000 |
| Húmedo | 2.000-3.000 |
| Muy Húmedo | 3.000-7.000 |
| Pluvial | >7.000 |
| FRÍOS (1.800-2.800 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 12°C Y 18 °C | |
| DENOMINACIÓN | PRECIPITACIÓN (MM/AÑO) |
| Muy Seco | 500-1.000 |
| Seco | 1.000-2.000 |
| Húmedo | 2.000-3.000 |
| FRÍOS (1.800-2.800 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 12°C Y 18 °C | |
| DENOMINACIÓN | PRECIPITACIÓN (MM/AÑO) |
| Muy Húmedo | 3.000-7.000 |
| MUY FRÍOS (2.800-3.700 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 6°C Y 12 °C | |
| DENOMINACIÓN | PRECIPITACIÓN (MM/AÑO) |
| Muy Seco | 500-1.000 |
| Seco | 1.000-2.000 |
| Húmedo | 2.000-3.000 |
| Muy Húmedo | 3.000-7.000 |
| EXTREMADAMENTE FRÍOS (3.700-4.500 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 1.5°C Y 6 °C | |
| DENOMINACIÓN | PRECIPITACIÓN (MM/AÑO) |
| Muy Seco | 500-1.000 |
| Seco | 1.000-2.000 |
| Húmedo | 2.000-3.000 |
| Muy Húmedo | 3.000-7.000 |
| NIVAL (> 4.500 MSNM) TEMPERATURAS MAYORES 1.5°C | |
| DENOMINACIÓN | PRECIPITACIÓN (MM/AÑO) |
| Muy Seco | 500-1.000 |
| Seco | 1.000-2.000 |

Fuente: ECOSISTEMAS CONTINENTALES COSTEROS Y MARINOS DE COLOMBIA, 2007.

De acuerdo con la metodología planteada anteriormente, se estableció la clasificación climática para la zona de estudio. A continuación, en la siguiente figura se hace referencia a la localización espacial y parámetros encontrados para el Área de influencia del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, de acuerdo con el mapa de zonificación climática.

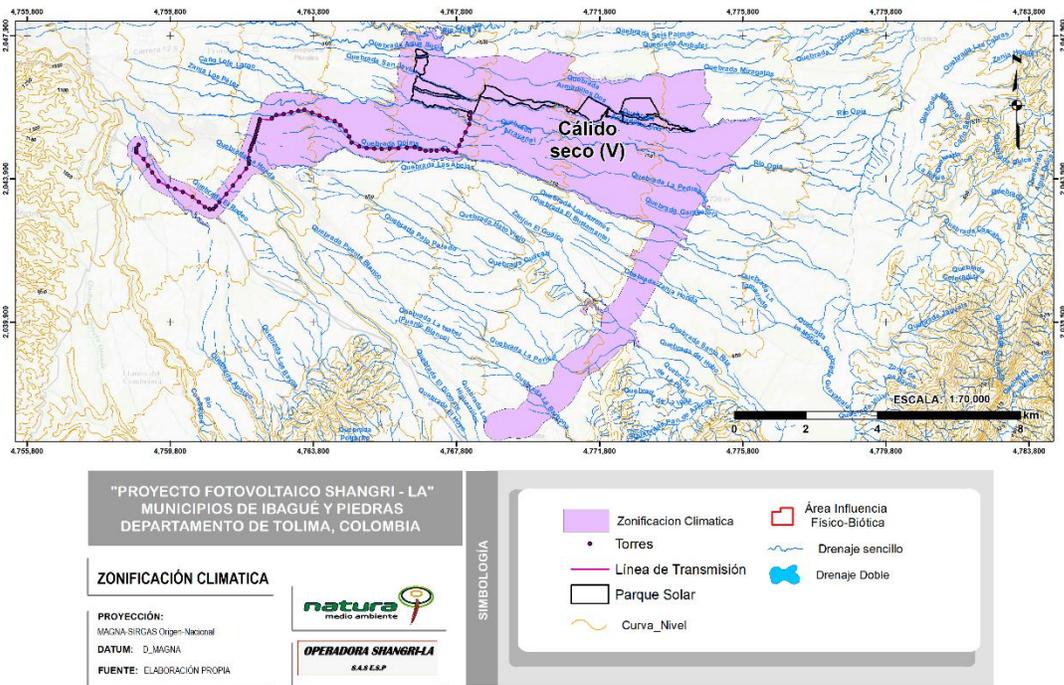


Figura 5.1-274 Zonificación climática para el área de estudio

Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

De acuerdo con el análisis de temperatura, la denominación termal que se desarrolla en el área de estudio es Cálido por encontrarse en el rango altitudinal de 800 a 1800 m.s.n.m. En cuanto a la denominación de precipitación, el análisis de lluvias mostró que el área se encuentra dentro del rango de valores asociados a seco por encontrarse entre el rango de 1001 a 2000 mm/año.

Sumando las dos clasificaciones anteriores, se obtuvo que para el área de influencia Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, el clima predominantemente es de tipo Cálido Seco (V).