



# CAPÍTULO 2:

# GENERALIDADES

## Índice

<b>Índice</b> .....	<b>2-2</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>2-3</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>2-7</b>
<b>Índice de fotografías</b> .....	<b>2-12</b>
<b>2 GENERALIDADES</b> .....	<b>2-14</b>
<b>2.1 Antecedentes</b> .....	<b>2-14</b>
2.1.1 Justificación del proyecto.....	2-17
2.1.2 Estudios e investigaciones previas .....	2-19
2.1.3 Solicitudes de sustracción de reservas forestales de Ley 2 de 1959 y/o de levantamiento de vedas .....	2-22
2.1.4 Tramites anteriores ante autoridades competentes.....	2-24
2.1.5 Identificación de áreas del SINAP (Sistemas Nacional de Áreas Protegidas) y SIRAP (Sistemas Regional de Áreas Protegidas).....	2-37
2.1.6 Ecosistemas estratégicos y sensibles .....	2-37
2.1.7 Ubicación de otros proyectos en el área de influencia .....	2-38
2.1.8 Permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales.....	2-38
2.1.9 Implicaciones del proyecto en relación con las políticas, planes y proyectos de las áreas de influencia.....	2-39
<b>2.2 Equipo humano para la elaboración EIA</b> .....	<b>2-42</b>
<b>2.3 Alcances</b> .....	<b>2-44</b>
<b>2.4 Limitaciones y/o restricciones del EIA</b> .....	<b>2-47</b>
<b>2.5 Metodología para la elaboración del EIA</b> .....	<b>2-49</b>
2.5.1 Metodología para la descripción del proyecto .....	2-49
2.5.2 Área de Influencia .....	2-57
2.5.3 Caracterización Medio abiótico.....	2-59
2.5.4 Caracterización Medio Biótico .....	2-247
2.5.5 Caracterización Medio socioeconómico .....	2-375
2.5.6 Servicios ecosistémicos .....	2-396

2.5.7	Zonificación ambiental y de manejo.....	2-410
2.5.8	Evaluación ambiental.....	2-414
2.5.9	Evaluación Económica.....	2-430
2.5.10	Plan de compensación del medio biótico.....	2-436

## Índice de tablas

TABLA 2.1-1	TRÁMITES REALIZADOS ANTE AUTORIDADES PERTINENTES.....	2-24
TABLA 2.1-2	PROYECTOS CON LICENCIA AMBIENTAL IDENTIFICADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA.....	2-40
TABLA 2.1-3	PROYECTOS CON LICENCIA AMBIENTAL SUPERPUESTOS CON EL ÁREA DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA.....	2-41
TABLA 2.2-1.	PROFESIONALES ELABORACIÓN E.I.A. P.F. SHANGRI-LA.....	2-42
TABLA 2.5-1	CLASIFICACIÓN DE TIPO DE VÍA (IGAC).....	2-51
TABLA 2.5-2	METODOLOGÍA DE DEERE Y PATTON (1971) Y DEARMAN (1974).....	2-68
TABLA 2.5-3.	CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DE PIROCLÁSTOS Y DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS SEGÚN SCHMID, 1981.....	2-74
TABLA 2.5-4.	ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS MÁS IMPORTANTES.....	2-78
TABLA 2.5-5.	COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE CONTROL DE CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GEOLÓGICO.....	2-80
TABLA 2.5-6	ASPECTOS PARA TENER EN CUENTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO.....	2-90
TABLA 2.5-7	CLASES DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS.....	2-91
TABLA 2.5-8	DEFINICIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS MORFODINÁMICOS.....	2-96
TABLA 2.5-9	ASPECTOS GENERALES PARA LA VERIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS EN CAMPO.....	2-100
TABLA 2.5-10	PRINCIPALES PATRONES DE DRENAJE.....	2-102
TABLA 2.5-11	CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS EROSIVOS SEGÚN EL SGC.....	2-103

TABLA 2.5-12 CLASIFICACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA SEGÚN EL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO .....	2-104
TABLA 2.5-13 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE CONTROL DE CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO .....	2-106
TABLA 2.5-14 RASGOS PARA CLASES DE PENDIENTES.....	2-113
TABLA 2.5-15 CLASES TEXTURALES DELO SUELO.....	2-114
TABLA 2.5-16 RASGOS PARA CLASES DE PENDIENTES.....	2-115
TABLA 2.5-17 TIPOS DE EROSIÓN .....	2-118
TABLA 2.5-18 LOCALIZACIÓN DE LAS CALICATAS Y CAJUELAS ÁREA DE ESTUDIO .....	2-120
TABLA 2.5-19 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS.....	2-122
TABLA 2.5-20 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS.....	2-123
TABLA 2.5-21 ADHERENCIA DE LOS SUELOS .....	2-130
TABLA 2.5-22 PLASTICIDAD DE LOS SUELOS .....	2-132
TABLA 2.5-23 PUNTOS DE CONTROL PROPUESTOS PARA LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL AI DEL PROYECTO .....	2-135
TABLA 2.5-24 ESTACIONES CON INFORMACIÓN DE CAUDAL SOLICITADA PARA LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL AI DEL PROYECTO.....	2-138
TABLA 2.5-25 ESTACIONES CON INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN SOLICITADA PARA LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL AI DEL PROYECTO.....	2-138
TABLA 2.5-26 PUNTOS DE CONTROL LEVANTADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL AI DEL PROYECTO .....	2-145
TABLA 2.5-27 COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA.....	2-183
TABLA 2.5-28. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ANÁLISIS IN SITU Y DE LABORATORIO .....	2-184
TABLA 2.5-29. REQUERIMIENTOS DE MANIPULACIÓN Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	2-190
TABLA 2.5-30 RANGOS DE VALORES UTILIZADOS PARA LOS PARÁMETROS DE ESTABILIDAD EN LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	2-198
TABLA 2.5-31 FACTORES EVALUADOS PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL ÁREA DE ESTUDIO, CON SU RESPECTIVO FACTOR DE PONDERACIÓN.....	2-199
TABLA 2.5-32 COORDENADAS Y UBICACIÓN DE LOS SONDEOS REALIZADOS. SISTEMA DE COORDENADAS CTM12 ORIGEN NACIONAL.....	2-212
TABLA 2.5-33 VALORES DE RESISTIVIDAD PARA ALGUNOS MATERIALES, SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS. FUENTE: CORTOLIMA (2013).....	2-214

TABLA 2.5-34 CRITERIOS Y VALORACIÓN PARA DETERMINAR LA FRAGILIDAD PAISAJÍSTICA.....	2-220
TABLA 2.5-35 RANGOS CATEGORIZACIÓN DEL PAISAJE.....	2-222
TABLA 2.5-36 NIVEL DE INTERÉS PERCIBIDO A TRAVÉS DE ENCUESTAS.....	2-223
TABLA 2.5-37 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS DE INTEGRIDAD ESCÉNICA.....	2-224
TABLA 2.5-38 RANGOS DE VALORACIÓN INTEGRIDAD FÍSICA.....	2-226
TABLA 2.5-39 CRITERIOS Y VALORES DE CALIFICACIÓN CALIDAD ESCÉNICA DEL PAISAJE....	2-228
TABLA 2.5-40 RANGOS DE VISIBILIDAD PARA DETERMINAR EL ALCANCE VISUAL DEL PAISAJE	2-231
TABLA 2.5-41 RANGOS DE VISIBILIDAD PARA DETERMINAR LA SENSIBILIDAD VISUAL.....	2-232
TABLA 2.5-42 MATRIZ DE CLASIFICACIÓN DEL MANEJO DE LOS RECURSOS VISUALES (VRM)...	2-233
TABLA 2.5-43 MONITOREOS DE CALIDAD DEL AIRE LÍNEA BASE.....	2-241
TABLA 2.5-44. EQUIPOS PARA TRABAJO DE CAMPO CALIDAD DE AIRE .....	2-241
TABLA 2.5-45 MONITOREOS DE RUIDO AMBIENTAL LÍNEA BASE:.....	2-246
TABLA 2.5-46 EQUIPOS DE TRABAJO PARA TRABAJO DE CAMPO COMPONENTE RUIDO .....	2-246
TABLA 2.5-47. TAMAÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO .....	2-257
TABLA 2.5-48 VARIABLES DE MEDICIÓN POR CATEGORÍA DE TAMAÑO .....	2-261
TABLA 2.5-49 ESTADÍGRAFOS PARA EL CÁLCULO DEL ERROR DEL VOLUMEN TOTAL.....	2-266
TABLA 2.5-50 PARÁMETROS A EVALUAR EN LA CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA BIÓTICA.....	2-273
TABLA 2.5-51 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN UTILIZADAS POR LA IUCN EN SUS LISTAS ROJAS .....	2-283
TABLA 2.5-52. MÉTODOS DE MUESTREO POR SUSTRATO Y TIPO DE ORGANISMO EN VEDA EN CADA PARCELA.....	2-288
TABLA 2.5-53. AJUSTE METODOLÓGICO PARA EL CÁLCULO DE FORÓFITOS A EVALUAR SEGÚN CADA TIPO DE COBERTURA VEGETAL.....	2-291
TABLA 2.5-54. COORDENADAS DE LAS PARCELAS MUESTREADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA VASCULAR Y NO VASCULAR.....	2-292
TABLA 2.5-55. TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS VASCULARES COLECTADAS.....	2-301
TABLA 2.5-56. TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN, MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE PARA FLORA NO VASCULAR EN VEDA.....	2-307
TABLA 2.5-57. RANGOS ESTABLECIDOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE CONECTIVIDAD LAS CLASES NATURALES BOSCOSAS IDENTIFICADAS.....	2-314

TABLA 2.5-58 COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LOS TRANSECTOS DE LA HERPETOFAUNA EN EL AIB DEL EIA PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA.....	2-326
TABLA 2.5-59 TRANSECTOS DE OBSERVACIÓN DE AVES EN EL AIB DEL EIA PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	2-333
TABLA 2.5-60 PUNTOS DE MUESTREO DEL GRUPO AVES EN EL AIB DEL EIA DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	2-336
TABLA 2.5-61 TRANSECTOS DE OBSERVACIÓN DE MAMÍFEROS EN EL EIA DEL "PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA" .....	2-344
TABLA 2.5-62 PUNTOS DE CAPTURA ACTIVA DE MAMÍFEROS EN EL EIA DEL "PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA" .....	2-346
TABLA 2.5-63 FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIA CONSULTADA PARA EL COMPONENTE HIDROBIOLÓGICO.....	2-357
TABLA 2.5-64 TÉCNICAS, UNIDADES Y ESFUERZOS DE MUESTREOS PARA LA COMUNIDAD PERIFÍTICA.....	2-360
TABLA 2.5-65 TÉCNICAS, UNIDADES Y ESFUERZOS DE MUESTREOS PARA LA COMUNIDAD PLANCTÓNICA.....	2-362
TABLA 2.5-66 TÉCNICAS, UNIDADES Y ESFUERZOS DE MUESTREOS PARA LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS .....	2-365
TABLA 2.5-67 TÉCNICAS, UNIDADES Y ESFUERZOS DE MUESTREOS PARA MACRÓFITAS ACUÁTICAS .....	2-366
TABLA 2.5-68 TÉCNICAS, UNIDADES Y ESFUERZOS DE MUESTREOS PARA LA ICTIOFAUNA.	2-369
TABLA 2.5-69 METODOLOGÍA PARTICIPATIVA.....	2-378
TABLA 2.5-70 AUTORIDADES.....	2-381
TABLA 2.5-71 COMUNIDADES.....	2-382
TABLA 2.5-72. PREDIOS DONDE SE UBICARÁ EL PROYECTO DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA.....	2-384
TABLA 2.5-73. DOCUMENTOS CONSULTADOS DE LOS MUNICIPIOS AL INTERIOR DEL ÁREA DE INFLUENCIA. ....	2-399
TABLA 2.5-74. CATEGORÍAS DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS. ....	2-404
TABLA 2.5-75. DEPENDENCIA DE LOS BENEFICIARIOS ANTE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS... ..	2-406
TABLA 2.5-76. DEPENDENCIA DE LAS OBRAS DEL PROYECTO ANTE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	2-407
TABLA 2.5-77. TENDENCIA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	2-408

TABLA 2.5-78. RELACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y LA DEPENDENCIA DE LAS COMUNIDADES Y EL PROYECTO.....	2-408
TABLA 2.5-79. DESCRIPCIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL.....	2-411
TABLA 2.5-80. MATRIZ PONDERADA DE INTERACCIONES IMPORTANCIA / SENSIBILIDAD AMBIENTAL.....	2-413
TABLA 2.5-81. EFECTO DE LOS IMPACTOS.....	2-416
TABLA 2.5-82. MAGNITUD DE LOS IMPACTOS.....	2-417
TABLA 2.5-83. RESILIENCIA FRENTE A LOS IMPACTOS.....	2-418
TABLA 2.5-84. TENDENCIA DE LOS IMPACTOS.....	2-419
TABLA 2.5-85. EXTENSIÓN DE LOS IMPACTOS.....	2-419
TABLA 2.5-86. EXPOSICIÓN DE LOS IMPACTOS.....	2-420
TABLA 2.5-87. RECUPERABILIDAD DE LOS IMPACTOS.....	2-421
TABLA 2.5-88. ACUMULACIÓN DE LOS IMPACTOS.....	2-421
TABLA 2.5-89. SINERGIA DE LOS IMPACTOS.....	2-422
TABLA 2.5-90. NIVEL DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	2-423
TABLA 2.5-91. EVIDENCIA Y PROBABILIDAD DE OCURRENCIA.....	2-424
TABLA 2.5-92. EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS – ESCENARIO SIN PROYECTO.....	2-426
TABLA 2.5-93. EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS POSITIVOS ESCENARIO SIN PROYECTO.....	2-426
TABLA 2.5-94. EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS – ESCENARIO CON PROYECTO.....	2-427
TABLA 2.5-95. EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS POSITIVOS – ESCENARIO CON PROYECTO.....	2-427
TABLA 2.5-96. FACTORES DE COMPENSACIÓN BIOMAS INFLUENCIADOS POR EL PROYECTO... 2- 442	

## Índice de figuras

---

FIGURA 2.5-1 METODOLOGÍA PARA LA INSPECCIÓN DE VÍAS EXISTENTES Y VÍAS NUEVAS. .	2-52
FIGURA 2.5-2 ÁREA DE INFLUENCIA POR COMPONENTES Y MEDIO .....	2-58
FIGURA 2.5-3 DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA PARA EL PROYECTO... 2-	
59	
FIGURA 2.5-4 TAMAÑO DE GRANO DE LAS ROCAS, FUENTE: SGC, 2001 .....	2-64
FIGURA 2.5-5 CLASIFICACIÓN COMPOSICIÓN DE FOLK, FUENTE: SGC, 2001 .....	2-65
FIGURA 2.5-6 CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE FOLK 1974, FUENTE: SGC, 2001 .....	2-65
FIGURA 2.5-7 CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE DUNHMAN 1962, FUENTE: SGC, 2001 .....	2-66
FIGURA 2.5-8 TAMAÑO DE GRANO DE ACUERDO CON LA ESCALA VISUAL DE PETTIJOHN, FUENTE: SGC, 2001 .....	2-66
FIGURA 2.5-9 REDONDEZ O ANGULOSIDAD DE GRANOS, FUENTE: SGC, 2001 .....	2-67
FIGURA 2.5-10 ESFERICIDAD EN LAS ROCAS SEDIMENTARIAS, FUENTE: SGC, 2001 .....	2-67
FIGURA 2.5-11 CLASIFICACIÓN GENERALIZADA DE ROCAS INTRUSIVAS FUENTE: SGC, 2003	2-71
FIGURA 2.5-12 DOBLE TRIANGULO QAPF SEGÚN STRECKEISEN, 1976 .....	2-72
FIGURA 2.5-13 DIAGRAMA PL-PX-OL Y PL-OPX SEGÚN STRECKEISEN, 1976 .....	2-72
FIGURA 2.5-14 DIAGRAMA PX-HB-PL-OPX SEGÚN STRECKEISEN, 1976 .....	2-73
FIGURA 2.5-15 DIAGRAMA O, PX, HB SEGÚN STRECKEISEN, 1976 .....	2-73
FIGURA 2.5-16 DOBLE TRIÁNGULO Q A P F PARA ROCAS VOLCÁNICAS .....	2-74
FIGURA 2.5-17 CLASES TEXTURAS DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS .....	2-75
FIGURA 2.5-18 CLASES QUÍMICAS DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS .....	2-76
FIGURA 2.5-19 DIAGRAMA DE FLUJO PARA NOMBRAR UNA ROCA METAMÓRFICA .....	2-77
FIGURA 2.5-20 PUNTOS DE CONTROL TOMADOS PARA EL COMPONENTE GEOLÓGICO .....	2-80
FIGURA 2.5-21 PUNTOS DE CONTROL TOMADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GEOLÓGICO: ABANICO DE IBAGUÉ .....	2-83
FIGURA 2.5-22 PUNTOS DE CONTROL TOMADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	2-84
FIGURA 2.5-23 PUNTOS DE CONTROL TOMADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GEOLÓGICO .....	2-84
FIGURA 2.5-24 ESQUEMA DE JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA UTILIZADA DE ACUERDO CON LA ESCALA DE TRABAJO, FUENTE: SGC, 2001 .....	2-88
FIGURA 2.5-25 PROCESO METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO .....	2-93
FIGURA 2.5-26 PROCESO METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE PROCESOS MORFODINÁMICOS, .....	2-96

FIGURA 2.5-27 PUNTOS DE CONTROL TOMADOS EN CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO.....	2-105
FIGURA 2.5-28 PUNTOS DE CONTROL TOMADOS EN CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO.....	2-108
FIGURA 2.5-29 PUNTOS DE CONTROL TOMADOS EN CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO.....	2-109
FIGURA 2.5-30 PUNTOS DE CONTROL TOMADOS EN CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO.....	2-109
FIGURA 2.5-31 PRINCIPIO GENERAL DEL IMPACTO AMBIENTAL .....	2-111
FIGURA 2.5-32 TRIÁNGULO DE LA CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE LOS SUELOS.....	2-115
FIGURA 2.5-33 TABLA MUNSELL PARA LA DETERMINACIÓN DEL COLOR EN MUESTRAS DE SUELO.....	2-117
FIGURA 2.5-34 TIPO DE ESTRUCTURA DEL SUELO.....	2-118
FIGURA 2.5-35 FORMATOS DE CAMPO PARA SUELOS - CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES .....	2-119
FIGURA 2.5-36 LOCALIZACIÓN DE LAS CALICATAS REALIZADAS DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	2-121
FIGURA 2.5-37 CALICATAS ÁREA DE ESTUDIO .....	2-121
FIGURA 2.5-38 PUNTOS DE CONTROL PROPUESTOS PARA LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL AI DEL PROYECTO .....	2-137
FIGURA 2.5-39 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES CON INFORMACIÓN SOLICITADA PARA LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL AI DEL PROYECTO.....	2-141
FIGURA 2.5-40 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES CON INFORMACIÓN SOLICITADA PARA LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL AI DEL PROYECTO.....	2-142
FIGURA 2.5-41 FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA EN CAMPO.....	2-143
FIGURA 2.5-42 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL LEVANTADOS EN CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA EN EL AI DEL PROYECTO.....	2-144
FIGURA 2.5-43 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA E HIDROBIOLÓGICOS .....	2-182
FIGURA 2.5-44 FORMULARIO ÚNICO NACIONAL PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA (PRIMERA PÁGINA) .....	2-205
FIGURA 2.5-45 SONDA PIEZOMÉTRICA DE 100 METROS. FUENTE: MAVDT, 2005 .....	2-206
FIGURA 2.5-46 EJEMPLO DE POZO PROFUNDO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	2-207

FIGURA 2.5-47 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTRODOS EN SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL.....	2-210
FIGURA 2.5-48 DISTRIBUCIÓN DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	2-212
FIGURA 2.5-49 CARACTERÍSTICAS DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES TOMADOS EN CAMPO.....	2-213
FIGURA 2.5-50 CARACTERÍSTICAS DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	2-213
FIGURA 2.5-51 ESQUEMA DE INTERPRETACIÓN DE UN SEV.....	2-215
FIGURA 2.5-52 RECOMENDACIONES PARA LA UBICACIÓN DE ESTACIONES DE VIGILANCIA.....	2-242
FIGURA 2.5-53 DIAGRAMA DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE.....	2-253
FIGURA 2.5-54 MODELO JERÁRQUICO DE LOS FACTORES DE ESTADO ANALIZADOS DENTRO DE UNA CONCEPCIÓN BIOGEOGRÁFICA PARA LA ELABORACIÓN DE ECOSISTEMAS CONTINENTALES.....	2-256
FIGURA 2.5-55 DISEÑO GRÁFICO DE PARCELA DE 1000M <sup>2</sup> (0,1 HA).....	2-267
FIGURA 2.5-56 DISEÑO GRÁFICO DE PARCELA DE 500M <sup>2</sup> (0,05 HA).....	2-268
FIGURA 2.5-57 DISEÑO GRÁFICO DE PARCELA DE 200M <sup>2</sup> (0,02 HA).....	2-269
FIGURA 2.5-58. PARCELAS PRELIMINARES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA VASCULAR Y NO VASCULAR DE DIFERENTES HÁBITOS DE CRECIMIENTO.....	2-287
FIGURA 2.5-59. LOCALIZACIÓN GENERAL DE PARCELAS REALIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA VASCULAR Y NO VASCULAR DE DIFERENTES HÁBITOS DE CRECIMIENTO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEFINITIVA DEL PROYECTO.....	2-295
FIGURA 2.5-60. SUBDIVISIÓN DEL FORÓFITO EN ESTRATOS SEGÚN JOHANSSON.....	2-299
FIGURA 2.5-61. TOMA DE DATOS EN CAMPO SOBRE LA FLORA EPÍFITA.....	2-300
FIGURA 2.5-62. CUADRICULAS DE 10X10 Y 20X20 EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE COBERTURA SEGÚN IWATZUKI, 1960.....	2-303
FIGURA 2.5-63. CUADRANTE DE 50X50 CM Y SUBCUADRANTES DE 10X10 PARA CÁLCULO DE COBERTURA DE FLORA NO VASCULAR DE HÁBITO TERRESTRE.....	2-305
FIGURA 2.5-64 COBERTURAS PRESENTES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA.....	2-321
FIGURA 2.5-65 MUESTREO POR ENCUENTRO CASUAL.....	2-322
FIGURA 2.5-66 CAPTURA ACTIVA DE LA HERPETOFAUNA.....	2-324
FIGURA 2.5-67 MAPA DE LOS SITIOS DE MUESTREO DEL GRUPO DE ANFIBIOS Y REPTILES.....	2-325
FIGURA 2.5-68 CAPTURA DE AVES CON REDES DE NIEBLA.....	2-329
FIGURA 2.5-69 OBSERVACIÓN DE AVES EN LOS TRANSECTOS.....	2-330

FIGURA 2.5-70 ESQUEMA DE TRANSECTO DE AVES REALIZADO EN EL AIB DEL EIA PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	2-331
FIGURA 2.5-71 MAPAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO DEL GRUPO AVES EN EL AIB DEL EIA PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA .....	2-332
FIGURA 2.5-72 REDES DE NIEBLA PARA LA CAPTURA DE MAMÍFEROS VOLADORES.....	2-339
FIGURA 2.5-73 INSTALACIÓN DE TRAMPAS SHERMAN .....	2-340
FIGURA 2.5-74 INSTALACIÓN DE TRAMPAS TOMAHAWK .....	2-341
FIGURA 2.5-75 INSTALACIÓN DE CÁMARAS TRAMPA.....	2-342
FIGURA 2.5-76 MAPAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO DEL GRUPO MAMÍFEROS EN EL AIB DEL EIA PROYECTO SHANGRI-LA.....	2-343
FIGURA 2.5-77. INTEGRACIÓN ENTRE LOS SERVICIO ECOSISTÉMICOS Y EL BIENESTAR HUMANO.....	2-398
FIGURA 2.5-78. FORMATO DE ENCUESTAS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	2-401
FIGURA 2.5-79. DISTRIBUCIÓN DE ENCUESTAS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO .....	2-402
FIGURA 2.5-80. INTEGRACIÓN ENTRE LOS COMPONENTES DEL ESTUDIO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	2-403
FIGURA 2.5-81. ESQUEMA METODOLÓGICO DE LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	2-410
FIGURA 2.5-82. ESQUEMA DE CRUCE DE VARIABLES UTILIZANDO LA SUMA POR MÁXIMOS.....	2-414
FIGURA 2.5-83. PRINCIPIO GENERAL DEL IMPACTO AMBIENTAL .....	2-415
FIGURA 2.5-84. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE SENSIBILIDAD E IMPORTANCIA DE LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL EN CATEGORÍAS DE MANEJO AMBIENTAL. ....	2-429
FIGURA 2.5-85. ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL.....	2-431
FIGURA 2.5-86. MODELO PARA LA DETERMINACIÓN DE ÁREAS ECOLÓGICAMENTE EQUIVALENTES .....	2-437
FIGURA 2.5-87. MODELO JERÁRQUICO DE LOS FACTORES DE ESTADO ANALIZADOS DENTRO DE UNA CONCEPCIÓN BIOGEOGRÁFICA PARA LA ELABORACIÓN DE ECOSISTEMAS CONTINENTALES (ADAPTADO DE KLIJN AND UDO DE HAES, 1994) .....	2-440
FIGURA 2.5-88. ÁRBOL DE DECISIONES PARA REFERENCIAR ACCIONES DE COMPENSACIÓN ...	2-443
FIGURA 2.5-89. FUENTES DE INFORMACIÓN ANÁLISIS MULTICRITERIO ÁREAS CON EQUIVALENCIAS ECOLÓGICAS .....	2-446
FIGURA 2.5-90. ANÁLISIS DE ESCENARIOS PARA LA APLICACIÓN DEL COMO COMPENSAR	2-447

## Índice de fotografías

FOTOGRAFÍA 2.5-1 APERTURA DE CALICATAS Y CAJUELAS ÁREA DE ESTUDIO.....	2-113
FOTOGRAFÍA 2.5-2 TOMA DE MUESTRAS ÁREA DE ESTUDIO .....	2-127
FOTOGRAFÍA 2.5-3 ENSAYO DE ADHERENCIA EN EL SUELO.....	2-131
FOTOGRAFÍA 2.5-4 ENSAYO DE PLASTICIDAD DEL SUELO .....	2-133
FOTOGRAFÍA 2.5-5 EQUIPOS DE CAMPO COMPONENTE HIDROLÓGICO .....	2-142
FOTOGRAFÍA 2.5-6 EQUIPOS DE CAMPO USOS DEL AGUA .....	2-179
FOTOGRAFÍA 2.5-7 MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS IN SITU. FUENTE: BIOTA CONSULTORÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S; 2021 .....	2-188
FOTOGRAFÍA 2.5-8 TOMA DE MUESTRAS PUNTUALES .....	2-189
FOTOGRAFÍA 2.5-9 AFORO DE CAUDAL.....	2-194
FOTOGRAFÍA 2.5-10 MARCACIÓN DE PARCELA .....	2-259
FOTOGRAFÍA 2.5-11 MARCACIÓN DE PARCELA .....	2-259
FOTOGRAFÍA 2.5-12 REGISTRO DE DATOS DIGITALES.....	2-261
FOTOGRAFÍA 2.5-13 MEDICIÓN DE CAP .....	2-261
FOTOGRAFÍA 2.5-14 MARCACIÓN DEL POM.....	2-262
FOTOGRAFÍA 2.5-15 MARCACIÓN DE BIFURCADOS .....	2-263
FOTOGRAFÍA 2.5-16 MEDICIÓN CLINÓMETRO.....	2-264
FOTOGRAFÍA 2.5-17 APP CLINÓMETRO FORESTAL.....	2-264
FOTOGRAFÍA 2.5-18 PARCELA DE PASTOS.....	2-269
FOTOGRAFÍA 2.5-19 COLECTA EN CAMPO .....	2-270
FOTOGRAFÍA 2.5-20. TOMA DE DATOS AL FORÓFITO.....	2-297
FOTOGRAFÍA 2.5-21. REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE ESPECIES VASCULARES .....	2-297
FOTOGRAFÍA 2.5-22. COLECTA DE FLORA VASCULAR .....	2-302
FOTOGRAFÍA 2.5-23. MONTAJE DE MUESTRAS DE FLORA VASCULAR.....	2-302
FOTOGRAFÍA 2.5-24. CÁLCULO DE COBERTURA DE EPÍFITAS NO VASCULARES MEDIANTE EL USO DE CUADRÍCULAS.....	2-304
FOTOGRAFÍA 2.5-25. CÁLCULO DE COBERTURA DE FLORA NO VASCULAR DE HÁBITO TERRESTRE.....	2-305
FOTOGRAFÍA 2.5-26. COLECTA DE MUESTRAS NO VASCULAR.....	2-306
FOTOGRAFÍA 2.5-27. PRESERVACIÓN DE MUESTRAS NO VASCULARES.....	2-306
FOTOGRAFÍA 2.5-28 MUESTREO DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA.....	2-360
FOTOGRAFÍA 2.5-29 MUESTREO DE LA COMUNIDAD PLANCTÓNICA.....	2-361

FOTOGRAFÍA 2.5-30 MUESTREO DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS CON RED SURBER.....	2-363
FOTOGRAFÍA 2.5-31 MUESTREO DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS CON RED D.....	2-363
FOTOGRAFÍA 2.5-32 MUESTREO DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS CON DRAGA TIPO EKMAN. FUENTE: BIOTA CONSULTORÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S; 2021 .....	2-364
FOTOGRAFÍA 2.5-33 MUESTREO DE LA MACRÓFITAS ACUÁTICAS.....	2-366
FOTOGRAFÍA 2.5-34 MUESTREO DE LA ICTIOFAUNA CON ATARRAYA.....	2-367
FOTOGRAFÍA 2.5-35. MUESTREO DE LA ICTIOFAUNA CON RED DE ARRASTRE.....	2-368
FOTOGRAFÍA 2.5-36. REALIZACIÓN DE ENCUESTAS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	2-402

## 2 GENERALIDADES

---

### 2.1 Antecedentes

---

El incremento de las energías renovables en América Latina inicio desde el año 2014, donde países como Chile, México y Brasil encabezaron la lista de inversión en el desarrollo de proyectos de generación de energía limpia. Posteriormente, se han venido uniendo al uso de nuevas energías Uruguay, Panamá, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Perú, Argentina y Colombia.

Desde 2015, Colombia es miembro de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA), quienes cuentan actualmente con la participación de 151 países y promueve el uso de energías renovables en el mundo (solar, eólica, geotérmica y biomasa). En mayo del presente año, Colombia fue nombrada vicepresidente por los 21 países miembros del Consejo del IRENA, lo que resulta muy importante para promover la cooperación, para desarrollar su amplio potencial energético en materia de energía renovable, adelantar proyectos que fomenten su adopción en el país, y aumentar el conocimiento técnico y científico.

Colombia es privilegiada por la posición geográfica en diferentes tipos de explotación de energías alternativas, una de estas la solar. El país está ubicado en la zona ecuatorial, lo que permite contar con radiación solar constante en determinadas zonas del territorio, uno de los elementos claves para convertirse en generador de energía solar, registrando incluso los índices más altos a nivel mundial, junto con el registrado en África. Uno de los más recientes estudios sobre el potencial solar en el país es el Atlas de Radiación Solar de Colombia, publicado en el 2005 por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), según el cual las regiones de la Guajira y la Costa Atlántica poseen un potencial

de radiación solar entre 1825 a 2190 kWh/m<sup>2</sup>/año, que oscila entre el 73% y el 87,6% del valor el máximo mundial (2500 kWh/m<sup>2</sup>/año).

En lo que respecta a generación de electricidad mediante sistemas fotovoltaicos, ésta surgió con el Programa de Telecomunicaciones Rurales de Telecom a comienzos de los años 80, con asistencia técnica por parte de la Universidad Nacional, y ha estado enfocada a programas de electrificación rural, financiados por el Estado con recursos del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI), y liderados por el Instituto para la Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) y la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ).

Mediante Ley 164 de octubre de 1994 el Congreso de la República aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992, que establece elementos muy importantes de "política global" para enfrentar los gases efecto invernadero (GEI) y el Cambio Climático; así como compromisos diferenciados para todas las partes que la suscriben, países desarrollados y países en desarrollo como el caso de Colombia. Para los países en desarrollo no son exigidos compromisos de reducción de emisiones, salvo que estos sean de adopción voluntaria, por lo cual los esfuerzos hechos por la UPME con relación a Fuentes de Energía No Convencionales (FENC) ha estado enfocados más a anticiparse a las potenciales amenazas del cambio climático (CC) al abastecimiento energético en el largo plazo que al control de los GEI.

Entre el 2008 y el 2010 fueron adelantados importantes estudios orientados a evaluar la viabilidad de introducción de FNCE al Sistema Interconectada Nacional (SIN), y el lineamiento de políticas para permitir, bajo un ambiente de mercado, que estas tecnologías participen en la canasta energética. Así mismo entre 1997 y el 2002, la Universidad Nacional en Bogotá con financiación del COLCIENCIAS desarrolló dos (2) proyectos referidos a la física básica de las celdas solares fotovoltaicas y de los sistemas de generación de electricidad conectados a la red.

Seguidamente, la promulgación de la Ley 697 de 2001 o Ley de Uso Racional de Energía (URE), que promueve la utilización de energías alternativas y a nivel institucional, asigna en cabeza del Ministerio de Minas y Energía (MME), la responsabilidad de la promoción y adopción de programas; y del Decreto 3683 de 2003, reglamentario de dicha ley que creó la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía (CIURE).

En mayo de 2014 fue emitida la Ley 1715 de 2014 que regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional y además busca establecer planes de actuación para fomentar el aprovechamiento energético de la biomasa agrícola y forestal, los residuos sólidos que no sean susceptibles de reutilización y reciclaje, el recurso eólico en proyectos de generación en Zonas No Interconectadas (ZNI), y el potencial de la geotermia y la energía solar.

La promulgación de la Ley 1715 de 2014, representó una interesante coyuntura para el desarrollo del objeto misional del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), en el sentido de contar con una herramienta que permitirá contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades, a través de la promoción de soluciones energéticas estructurales, con principios de conservación ambiental y respeto por la biodiversidad.

Durante el mes de febrero de 2019 la ANLA aprobó la primera licencia ambiental para la generación de energía fotovoltaica en una granja solar, proyecto que será desarrollado por Celsia y estará ubicado en el corregimiento Azúcar Buena-La Mesa, de Valledupar, departamento del Cesar. La infraestructura contempla la construcción de un complejo conformado por cinco plantas solares instaladas sucesivamente hasta sumar 100 megavatios (Mw) en corriente alterna total, con una producción estimada de 41.667 megavatios hora año (Mwh/año) durante 30 años de operación. El área total prevista es de 156,61 hectáreas, pero los paneles tendrán una zona de intervención máxima de 105,62 hectáreas, que representan aproximadamente 284.310 módulos fotovoltaicos.

Finalmente, es pertinente mencionar que Colombia gracias a su posición geográfica en la zona intertropical, cuenta con prácticamente toda la variedad de fuentes de energías renovables, lo que permite ampliar su canasta energética con una serie de beneficios asociados, como brindar seguridad al Sistema Interconectado Nacional; mejorar la calidad de vida en las zonas no interconectadas (ZNI); contribuir a la mitigación del impacto de cambio climático; y posibilidad de obtener beneficios económicos en el mercado internacional, derivados de los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) con la obtención de certificados de reducción de emisiones (CERs).

### 2.1.1 Justificación del proyecto

---

Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), en Colombia la energía eléctrica es obtenida en un 70% de energía hidráulica y un 30% de energía térmica, lo que nos posiciona como uno de los sistemas eléctricos ambientalmente más sostenibles del mundo, de acuerdo con el Energy Trilema Index 2015.

Sin embargo, al depender un 70% del agua, los fenómenos de variabilidad climática como El Niño o La Niña afectan el sistema por abundancia o por escasez. Así fue como, durante el 2015 y comienzos de 2016 Colombia enfrentó una de sus peores sequías en la historia, obligando a prender las centrales térmicas, aumentar sus emisiones de carbono y dejar de ser un sistema sostenible.

Por esta razón, resulta indiscutible la diversificación de la matriz energética con la adopción de medidas para el fomento del desarrollo y utilización de fuentes energéticas alternativas; y con la emisión de la Ley 1715 de 2014, Colombia dio el primer paso en esa dirección, apuntándole a la inclusión de las renovables.

Con los avances que ha tenido Colombia en los últimos dos años, en agosto de 2018 la Comisión de Regulación de Energía y Gas (GREC), expidió dos resoluciones importantes para el Mercado de Energía Mayorista (MEM), a través de las cuales se convoca a subastas para los generadores de energía. A finales de febrero de 2019, el Ministerio De

Minas Y Energía, anunció que la subasta del cargo por confiabilidad (o de expansión) se cumplió con éxito, en la cual se adjudicaron 1.398 megavatios de energía solar y eólica. Es decir, se impusieron contratos a las nuevas energías limpias para el periodo 2022-2023. Como resultado de la subasta del cargo por confiabilidad fueron asignadas 23 plantas: 12 térmicas, 3 hidráulicas, 6 eólicas y 2 solares, con las cuales se cubre la demanda objetivo-definida por la CREG.

Teniendo en cuenta lo anterior, OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. proyecta desarrollar la construcción y operación del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, para la generación y comercialización de energía renovable no convencional, en un marco sustentable que beneficia tanto a la empresa, como al gobierno nacional en el cumplimiento de sus objetivos.

En el ámbito regional y local, el desarrollo del Proyecto ocasionaría un efecto positivo que estimularía la iniciativa empresarial para el desarrollo de nuevos proyectos, teniendo en cuenta el potencial de los recursos renovables en la zona.

La ejecución del proyecto promovería a nivel local, un escenario propicio para el crecimiento económico sustentable, a su vez, podría llegar a tener una función educativa con la visita de colegios y universidades, al igual que impulsaría el atractivo turístico del departamento.

El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La aprovechará la energía solar por medio en una serie de módulos fotovoltaicos (hasta 160 MW en corriente alterna) y la aplicación de un proceso no contaminante, que producirá corriente eléctrica alterna para ser suministrada al Sistema de Transmisión Nacional, a través de una Línea de Transmisión de 230 kV que conectará con la subestación Mirolindo, en el municipio de Ibagué.

### 2.1.2 Estudios e investigaciones previas

---

Los sistemas fotovoltaicos, como los que se plantean para este Proyecto, son fáciles de instalar, requieren un mantenimiento mínimo y son de gran confiabilidad y duración. Además de la cantidad y calidad de la radiación solar en la zona del Proyecto (Anexo C.3), la ubicación del sitio respondió a las siguientes condiciones y consideraciones:

- Proximidad a Ibagué, capital del Departamento del Tolima, lo cual favorece la provisión de materiales y servicios, tanto para las fases de preparación de sitio y construcción, como para la de operación. Esto supondrá además una contribución al desarrollo de la región, principalmente en las etapas de preparación y construcción.
- Acceso al área a través de dos vías existentes de tercer orden: i.e. vía calle 148 que conecta a Ibagué, en el sector Picaleña con el municipio de Doima (*Acceso existente Sector Rural Picaleña*"; descrito en el capítulo 3); y la vía que conecta a la vereda Buenos Aires a la altura de la Avenida Picaleña con el municipio de Doima (*Acceso existente Buenos Aires – Doima*, descrito en capítulo 3).
- Disponibilidad de infraestructura y capacidad de interconexión aprobada por la UPME (ANEXO B.1 y C.1). El Proyecto Fotovoltaico Shangri-La recibió concepto favorable de la UPME para la conexión a la subestación Mirolindo a 230kV (vereda Alto Combeima, municipio de Ibagué, Departamento de Tolima), a través de los Radicados 20191520038541 del 4 de septiembre de 2019 y 20201520049301 del 16 de octubre de 2020 y cuenta con contrato de conexión vigente n° 4010165 de febrero de 2021 (ANEXO C.1). En este sentido, se hará una adecuación en la Subestación Mirolindo de Ibagué con los equipos, estructuras e infraestructura necesaria para la conexión de la energía generado en el parque con el STN en la Subestación Mirolindo 230kV.
- Tierras planas que han sido ampliamente intervenidas por la agricultura (cultivos de arroz a gran escala), lo que reduciría el impacto ambiental potencial del Proyecto sobre el entorno donde se localizará.
- Buen recurso solar
- Régimen de temperaturas / clima favorable

El diseño y localización del Proyecto (Parque Solar y Línea de Transmisión), tuvo en cuenta los siguientes criterios principales en su definición:

- Ubicación de infraestructura en zonas previamente intervenidas o antropizadas, para reducir o mitigar el impacto ambiental
- Excluir al máximo coberturas de la tierra con alto valor o sensibilidad ambiental.
- Minimizar cruces e intervenciones sobre cuerpos de agua y sus rondas de protección.
- Mínima o nula afectación de infraestructura social y urbana existente.
- Las zonas urbanas y rurales validadas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para la ubicación de la Línea de Transmisión, mediante el Radicado 2021081539-2-000 del 28 de abril de 2021 (ANEXO B.1, C.1), donde se aprobó la NO Aplicabilidad del Trámite de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA).
- El trazado urbano aprobado por la ANI y la Concesionaria San Rafael para la Línea de Transmisión del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La (ANEXO B.1 y C.1), ubicado sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picalaña 40TLF de la Concesión San Rafael:

La respuesta aprobatoria de Concesionaria San Rafael estuvo soportada en revisión documental y visita técnica al área de interés, y fue emitida el 2 de marzo de 2021 mediante el radicado GIC-BG-2021.0359 del 02/03/2021 (ANEXO B.1 y C.1), que señala:

*"Como resultado de la revisión a la documentación, de la normatividad vigente (Ley 1228 de 2008, Ley 1682 del 22 de noviembre de 2013), el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE y de la reunión conjunta con el peticionario y la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI; la Concesionaria San Rafael S.A. considera que es procedente emitir CONCEPTO TÉCNICO, OPERATIVO Y DE VIABILIDAD POSITIVO, a la solicitud de permiso para uso, ocupación e intervención temporal de la infraestructura vial, para la instalación de línea de transmisión eléctrica de 230Kv, del proyecto solar fotovoltaico Shangri-La, desde el Pr02+0850 hasta el Pr00+0000, con perforación horizontal dirigida en el Pr01+0710 y Pr02+0850 sobre la vía Variante Norte de Ibagué (40TLG) y desde*

*el Pr03+0450 hasta el Pr00+0700, con perforación horizontal dirigida en el Pr03+450 y Pr01+0700 sobre la vía Variante Picaleña (40TLF) del Proyecto Vial Girardot – Ibagué – Cajamarca."*

En consecuencia, la Agencia Nacional de Infraestructura también se pronunció positivamente el 10 de marzo de 2021 mediante radicado 20213040069501, solicitando la formalización de una carta de compromiso bajo los términos de Numeral 13 del Artículo Sexto de la Resolución No.716 de 2015 en concordancia con lo dispuesto en el respectivos Instructivo GCSP-I-008 versión 005 del 21 de abril de 2020 (ANEXO B.1 y C.1).

El trazado general aprobado por la ANI, Concesionaria San Rafael y el Interventor MAB Ingeniería para la Línea de Transmisión del Proyecto Shangri-La, ubicado sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picaleña 40TLF de la Concesión San Rafael (ANEXO B.1 y C.1), garantiza el menor impacto sobre la infraestructura urbana de Ibagué y la mayor viabilidad desde el punto de vista social, urbanístico y operativo.

De este modo, desde el punto de vista técnico-económico del Proyecto, también se han tenido en cuenta ciertas consideraciones y condiciones que ratifican como única alternativa viable el área propuesta para desarrollar el Proyecto, ya que reúne todas las condiciones necesarias para garantizar la viabilidad.

Finalmente, debido a la posibilidad de licenciamiento conjunto validada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) mediante el Radicado 2021095232-2-000 del 13 de mayo de 2021 (ANEXO B.1 y C.1), el presente Estudio de Impacto Ambiental se presenta siguiendo los lineamientos de los siguientes instrumentos reglamentarios:

- Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA en Proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR-015, adoptados mediante la Resolución 1670 del 15 de agosto de 2017.

- Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA Proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17, adoptados mediante la Resolución 0075 del 18 de enero de 2018
- Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, adoptada mediante la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 (MADS<sup>1</sup>, 2018).
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, adoptado mediante la Resolución 9 0708 del 30 de agosto de 2013 y las Normas Técnicas Colombianas NTC 1736 de 2005, NTC 2775 y NTC 5513 de 2007.

### 2.1.3 Solicitudes de sustracción de reservas forestales de Ley 2 de 1959 y/o de levantamiento de vedas

---

#### 2.1.3.1 No aplicabilidad de sustracción de reservas forestales de Ley 2 de 1959

---

Las áreas de intervención y/o influencia físico-biótica del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, No se superponen con Reservas Forestales de Ley Segunda de 1959, ni con otro tipo de Reservas Forestales Protectoras de orden nacional o regional. Por lo tanto, el trámite de Sustracción de Reserva Forestal NO resulta aplicable al contexto del presente trámite de licencia ambiental.

En general, las áreas de intervención e influencia físico-biótica del Proyecto no presentan superposición con áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) o el Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), públicas o privadas (ver Tabla 2.1-1).

El sustento de estas condiciones se presenta en detalle en el Capítulo 5.2 Medio Biótico, numeral 5.2.1.3 Ecosistemas estratégicos, sensibles y / o áreas protegidas y sus anexos asociados (ver también Tabla 2.1-1).

---

<sup>1</sup> Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2018. Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, adoptada mediante la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018. 228 p.

### 2.1.3.2 Sobre levantamiento de vedas

---

El Decreto-Ley 2106 de 2019 suprimió, simplificó y reformó procesos y procedimientos innecesarios en la administración pública, eliminando, en su artículo 125, el trámite de levantamiento parcial de Vedas así:

*"Para el desarrollo o ejecución de proyectos, obras o actividades que requieran licencia, permiso, concesión o autorización ambiental y demás instrumentos de manejo y control ambiental que impliquen intervención de especies de la flora silvestre con veda nacional o regional, la autoridad ambiental competente, impondrá dentro del trámite de la licencia, permiso, concesión o autorización ambiental y demás instrumentos de manejo y control ambiental, las medidas a que haya lugar para garantizar la conservación de las especies vedadas, por lo anterior, no se requerirá adelantar el trámite de levantamiento parcial de veda que actualmente es solicitado". (subrayado fuera de texto).*

No obstante, en cumplimiento de lo establecido en los Artículo 125 y 126 del Decreto 2106 de 2019, en el Capítulo 7 del presente EIA (Numeral 7.6) se presenta la "*Solicitud de imposición de medidas de manejo para especies vasculares y no vasculares en veda*", Así, se solicita a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la autorización de las medidas de manejo planteadas para la conservación de las especies vasculares (orquídeas y bromelias) y no vasculares (líquenes, musgos y hepáticas), presentes en las coberturas vegetales susceptibles de intervención por el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.

En el numeral 2.5.4.1.2 del presente capítulo, se detallan los métodos empleados para la realización del muestreo y caracterización de las especies vasculares (orquídeas y bromelias) y no vasculares (líquenes, musgos y hepáticas) en las áreas de interés del Proyecto, incluyendo la localización general de las parcelas realizadas para la

caracterización. En el Capítulo 5, epígrafe 5.2.1.1 se presenta el detalle de la caracterización de flora vascular y no vascular de diferentes hábitos de crecimiento.

#### 2.1.4 Trámites anteriores ante autoridades competentes

A continuación, en la Tabla 2.1-1 se resumen los trámites realizados ante autoridades pertinentes.

**Tabla 2.1-1 Trámites realizados ante autoridades pertinentes**

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
UPME	Permiso de conexión a la subestación Mirolindo a 230kV	Radicados 20191520038541 del 4 de septiembre de 2019 y 20201520049301 del 16 de octubre de 2020; contrato de conexión vigente n° 4010165 de febrero de 2021.		ANEXO B.1, B.2 y C.1	Concepto favorable de la UPME para la conexión a la subestación Mirolindo a 230kV (vereda Alto Combeima, municipio de Ibagué, Departamento de Tolima)
CONCESIONARIA SAN RAFAEL Y AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA (ANI)	Autorización para ubicación de un tramo de la línea de transmisión, sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picalaña 40TLF de la Concesión San Rafael.	Radicado GIC-BG-2021.0359 del 02/03/2021 (ANEXO B.1 y C.1) de la Concesionaria San Rafael.  Radicado de la ANI 20213040069501 del 10 de marzo de 2021		ANEXO B.1, B.2, C.1	El trazado propuesto para la porción urbana de línea de transmisión fue aprobado por la ANI, Concesionaria San Rafael y el Interventor MAB Ingeniería, y se ubicará sobre el separador de la Variante norte de Ibagué 40TLG y Variante Picalaña 40TLF de la Concesión San Rafael (ANEXO B.1 y C.1).
ANLA	NO Aplicabilidad del Trámite de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) para la línea de transmisión	Radicado 2021060362-1-000 del 6 de abril de 2021	Radicado 2021081539-2-000 del 28 de abril de 2021	ANEXO B.1, B.2, C.1	Se aprueba la NO Aplicabilidad del Trámite de Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) para la línea de transmisión del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La
ANLA	Posibilidad de Licenciamiento	Radicado 2021087028-1-000 del	Radicado 2021095232-2-000 del 13	ANEXO B.1, B.2, C.1	Se valida la posibilidad de Licenciamiento

Ibagué y Piedras (Tolima)

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
	conjunto de parque fotovoltaico y línea de transmisión asociada	05 de mayo de 2021.	de mayo de 2021		conjunto para el parque fotovoltaico y la línea de transmisión del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La
ANLA	Solicitud de información sobre superposición con proyectos licenciados	Radicado 2021207744-1-000 de 27/09/2021	Radicado 2021218132-2-000 del 2021-10-07	ANEXO B.2 ANLA / SUPERPOSICIÓN	Respuesta con información sobre proyectos en superposición con el área de influencia o intervención del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La
ANLA	Informe de inicio de actividades para muestreos de fauna flora e hidrobiológicos, en el marco de dos permisos de colecta	Radicado 2021085998-1-000 del 4 de mayo de 2021 sobre inicio de actividades estudios fauna y flora Radicado 2021085511-1-000 del 3 de mayo de 2021 sobre inicio de actividades estudios hidrobiológicos	No aplica	ANEXO B.2 / PERMISO DE COLECTA	No aplica
AEROCIVIL	Solicitud de Evaluación de Obstáculos por Altura, Interferencias Radioeléctricas y Usos de Suelos.	No. 2021078032 del 30 de agosto de 2021	Respuesta en proceso de emisión	ANEXO C.1. y B.2 / AEROCIVIL	Respuesta en proceso de emisión
ALCALDÍAS	Solicitud de información digital del POT	Radicado 2021-007430 del 09 de febrero del 2021	Sin respuesta	ANEXO B.2 ALCALDÍA	Sin Respuesta. Se consiguió a través de la página de la Alcaldía y la página del SIGOT: <a href="https://sigot.igac.gov.co/es/content/pot-municipales">https://sigot.igac.gov.co/es/content/pot-municipales</a>

Ibagué y Piedras (Tolima)

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
ALCALDÍAS	Solicitud de información sobre terceros autorizados para manejo de residuos, materiales de construcción y escombreras, entre otros	2021-064895 del 4 de octubre del 2021	Respuestas parciales, no concluyentes, en Radicados 2320-063515 del 12 de octubre de 2021 y 2200-066171 del 23 de octubre de 2021.	ANEXO B.2 ALCALDÍA	Alcaldía reenvió solicitud a la secretaria de Infraestructura del municipio e Interaseo, sin obtener respuesta concluyente sobre la consulta.
ALCALDÍAS	Solicitudes de certificación de compatibilidad de usos del suelo para los predios a intervenir en el proyecto "Shangri-La"	Múltiples radicados compilados en ANEXO D_CAP_5_CAR_ARE A_INFLUENCIA / D.1 ABIÓTICO / Suelos / Certificado Uso_Suelo	Múltiples respuestas compiladas en ANEXO: D_CAP_5_CAR_ARE_A_INFLUENCIA / D.1 ABIÓTICO / Suelos / Certificado Uso_Suelo	ANEXO B.2 ALCALDÍA D_CAP_5_CAR_ARE_A_INFLUENCIA / D.1 ABIÓTICO / Suelos / Certificado Uso_Suelo	Compatibilidad de uso de suelo predio El Reposo y Hato de Opia  Compatibilidad de uso de suelo predio Gascoña
CORTOLIMA	Solicitud de información digital del POMCA de los ríos Opía y Coello.	Radicado de entrada 787 del 09 de febrero de 2021	Radicado 100.03.3.1 del 10 de marzo de 2021	ANEXO B.2 CORTOLIMA / POMCAS	Cartografía digital, archivos SIG y documento técnico del POMCA de los ríos Opía y Coello.
CORTOLIMA	Solicitud de información digital sobre concesiones de agua (superficial o subterránea), asociadas al área de influencia del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La	16018 de 27/09/2021	100.04.4.1 del 27 de octubre de 2021	ANEXO B.2 CORTOLIMA / CONCESIONES	Se recibe lista de concesiones, pero no coordenadas de localización de estas, que permitan espacializar los puntos en el contexto del área de influencia.

Ibagué y Piedras (Tolima)

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
CORTOLIMA	Solicitud 2 de información sobre licencias ambientales otorgadas por Cortolima, asociadas al área de influencia del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La	Radicado 16019 el 27 de septiembre de 2021	Radicado 100.04.41 del 26 de octubre de 2021	ANEXO B.2 CORTOLIMA / LICENCIAS	Licencias ambientales otorgadas por esa corporación para los municipios de Ibagué y Piedras – Departamento del Tolima. Sin embargo, es una lista simple y no se recibe información cartográfica sobre localización específica de los proyectos.
CORTOLIMA	Solicitud 3 de información sobre distritos de riego en el área de influencia del proyecto fotovoltaico Shangri-La	Radicado 16023 el 27 de septiembre de 2021	No se obtuvo respuesta	ANEXO B.2 / CORTOLIMA / DISTritos DE RIEGO	No se obtuvo respuesta
CORTOLIMA	Solicitud 4 de información sobre el componente atmósfera (monitoreos históricos, permisos de emisiones) en el área de influencia del proyecto fotovoltaico Shangri-La	Radicado 16024 el 27 de septiembre de 2021	No se obtuvo respuesta	ANEXO B.2 / CORTOLIMA / ATMÓSFERA	No se obtuvo respuesta

Ibagué y Piedras (Tolima)

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
CORTOLIMA	<p>Solicitud 5 de información sobre con áreas que se encuentren bajo alguna categoría de protección y manejo especial, a escala regional o local, incluyendo RNSC, AICAS, áreas de reserva forestal - SIRAP y ecosistemas estratégicos.</p> <p>Asimismo, zonas de humedales y/o zonas de nacimientos hídricos, en el área objeto de consulta, para el área de influencia del proyecto fotovoltaico Shangri-La.</p>	Radicado 16025 el 27 de septiembre de 2021	Radicado 14332 del 1 de octubre de 2021 y 100.03.3.1 del 11 de octubre de 2021	<p>ANEXO B.2. / CORTOLIMA / RECURSO HÍDRICO Y ÁREAS AMBIENTALES</p> <p>ANEXO B.2. / CORTOLIMA / COMPENSACIÓN</p>	La zona oriental del área de influencia del Proyecto Solo presenta superposición con algunos parches de bosque seco tropical.

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
CORTOLIMA	Solicitud 6 de información sobre áreas prioritarias para la conservación y compensación, asociadas al área de influencia del proyecto fotovoltaico Shangri-La.	Radicado CORTOLIMA No. 16026 del 27 de septiembre de 2021.	Radicado 14332 del 1 de octubre de 2021 y 100.03.3.1 del 11 de octubre de 2021	ANEXO B.2. / CORTOLIMA / RECURSO HÍDRICO Y ÁREAS AMBIENTALES ANEXO B.2. / CORTOLIMA / COMPENSACIÓN	No se localizan áreas correspondientes al denominado ecosistema de páramos, áreas protegidas incluidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y sus diferentes categorías, área de Ley 2 de 1959. Sin embargo, el área se confirma que en el predio Sí se localizan fragmentos correspondientes al denominado ecosistema de bosque seco tropical. Adicionalmente el área posee una alta presencia de cuerpos de agua que albergan una alta biodiversidad asociada y los cuales deben ser considerados dentro de las evaluaciones de impacto ambiental que se generará con el proyecto
CORTOLIMA	Solicitud 7 de información sobre áreas de manejo de residuos, materiales de construcción y escombreras, entre otros; asociadas al área de influencia del proyecto fotovoltaico Shangri-La.	Radicado 16196 de septiembre 30 de 2021	Radicado 100.04.4.1 del 16 de octubre de 2021	ANEXO B.2 y ANEXO C.14	Relación de las Licencia Ambientales para explotación de Materiales de Construcción y de Arrastre, relación de Escombreras autorizadas y relación de rellenos Sanitarios Licenciados en zona de influencia de este proyecto. Complementariamente, informan que la Única Empresa que puede suministrar el servicio de Agua en Carrotanques es el lbal en Ibagué.

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
CORTOLIMA	<p>Solicitud 8 de información sobre el Portafolio de Áreas Prioritarias para la Conservación y Compensación de la Biodiversidad del Tolima, para el EIA del proyecto fotovoltaico "Shangri-La".</p> <p>Reiteración sobre radicado CORTOLIMA No. 16026 del 27/09/2021.</p>	<p>Radicado 16558 del 4 de octubre de 2021</p>	<p>Respuesta el 4 de octubre de 2021, vía correo electrónico</p>	<p>ANEXO B.2. / CORTOLI MA / COMPENSACIÓN</p>	<p>Respuesta el 4 de octubre de 2021, vía correo electrónico:</p> <p>(...) "Es claro que la corporación cuenta con áreas de importancia ambiental como son las áreas protegidas, parques regionales naturales y ecosistemas estratégicos en el departamento del Tolima, que son objeto de administración, sin embargo no todas las áreas pueden ser objeto de que se realice una compensación por parte de un licenciado ya que en la actualidad se trabaja desde Cortolima en procesos de restauración activa y pasiva, por lo que es deber de ustedes como licenciados ubicar las áreas para que sumen en los procesos de recuperación, restauración y protección de nuevas áreas."</p>

Ibagué y Piedras (Tolima)

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
ICANH	<p>Línea eléctrica</p> <p>Diagnóstico arqueológico elaborado en el marco del Programa de Arqueología Preventiva para el proyecto "Programa de Arqueología Preventiva para el Proyecto Línea de Transmisión a 230 kV Shangri-La Mirolindo, Ibagué (Tolima)" que fue registrado mediante Resolución 1180 de 02 de septiembre de 2021</p>	<p>Radicado 7686 de 24 de septiembre de 2021</p>	<p>Radicado ICANH 130 – 9170 del 14 de octubre de 2021</p>	<p>ANEXO D.6</p>	<p>Evalúa información y se emiten unas recomendaciones.</p>

Ibagué y Piedras (Tolima)

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
ICANH	Línea eléctrica Formulario de registro con radicado interno 6115 de día 06 de agosto de 2021 el registro del Programa de Arqueología Preventiva para el proyecto Programa de Arqueología Preventiva para el Proyecto Línea de Transmisión a 230 kV Shangri-La Mirolindo, Ibagué (Tolima).	Radicado interno 6115 de día 06 de agosto de 2021	Resolución No. 1180 del 02 septiembre de 2021	ANEXO D.6	Aprobar a OPERADORA RAYO ENERGÍA COLOMBIA S.A.S identificada con NIT 901270422-0, representada legalmente por Héctor Andrés Salas Sermoneta identificado con cédula de ciudadanía número 79.937.502, el Registro del Programa de Arqueología Preventiva para el proyecto Programa de Arqueología Preventiva para el Proyecto Línea de Transmisión a 230 kV Shangri-La Mirolindo, Ibagué (Tolima), de conformidad con la información aportada por el solicitante en el "Formulario de registro del Programa de Arqueología Preventiva", presentado al ICANH con radicados internos 6115 de día 06 de agosto de 2021 y 6639 de 24 de agosto de 2021.

Ibagué y Piedras (Tolima)

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE		FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
ICANH	Parque fotovoltaico	Radicación del Informe de la Fase de Aprobación del Plan de Manejo Arqueológico y Prospección del "Programa de Arqueología Preventiva para el Proyecto Fotovoltaiico Shangri-La, Ibagué – Piedras Tolima". Resolución N°647 del 26 de mayo de 2021.	Radicado 202114420008559 2 del 26 de octubre de 2021		ANEXO D.6	

Ibagué y Piedras (Tolima)

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
ICANH	Parque fotovoltaico Formulario de registro con radicado interno 3033, solicitó al ICANH, el registro del Programa de Arqueología Preventiva para el proyecto Programa de Arqueología Preventiva para el proyecto Fotovoltaico Shangri-La, Ibagué – Piedras Tolima.	Radicado interno 3033 de 20 de abril de 2021 y 3722 de 12 de mayo de 2021.	Resolución No. 647 del 26 de mayo de 2021	ANEXO D.6	Aprobar a OPERADORA RAYO ENERGIA COLOMBIA S.A.S identificada con NIT 901.270.422-0, representada legalmente por Héctor Andrés Salas Sermoneta identificado con cédula de ciudadanía número 79.937.502, el Registro del Programa de Arqueología Preventiva para el proyecto Programa de Arqueología Preventiva para el proyecto Fotovoltaico Shangri-La, Ibagué – Piedras Tolima, de conformidad con la información aportada por el solicitante en el "Formulario de registro del Programa de Arqueología Preventiva", presentado al ICANH con radicados internos 3033 de 20 de abril de 2021 y 3722 de 12 de mayo de 2021.
INVIAS	Solicitud de información para el estudio de impacto ambiental del proyecto fotovoltaico "SHANGRI-LA"	Radicado 88873 con fecha 27 de septiembre de 2021	Radicado DT-TOL 56372 del 06 de octubre de 2021 Radicado ANI No 202160503553 91 del 11 de noviembre de 2021	ANEXO B.2 / INVIAS	Traslado a la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI)
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	Solicitud de información para el estudio de impacto ambiental del proyecto fotovoltaico "SHANGRI-LA"	Radicado 34134 del 30 de septiembre de 2021	Radicado 4106E22021-003300 del 30 de septiembre de 2021	ANEXO B.2 / MADS	Traslado a la Autoridad Nacional de Licencia Ambientales – ANLA, ANM y otros.

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
			Radicación: 2021235450-2-000 del 2021-10-29 12:17		
MINISTERIO DEL INTERIOR	Solicitud de determinación de procedencia y oportunidad de la consulta previa para la ejecución del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.	Radicado EXTMI2021-9715	Resolución ST- 1037 de 05 de agosto 2021	ANEXO D3-6	No procede la consulta previa con comunidades indígenas, negras, afrocolombianas, raizales y/o palenqueras y comunidades Rom para el proyecto: "PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA", localizado en los municipios de Ibagué y Piedras, en el departamento de Tolima
	Solicitud de actualización de la certificación emitida a través de la Resolución Número ST-1037 del 5 de agosto de 2021 sobre la determinación de procedencia y oportunidad de la consulta previa para la ejecución del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.	Radicado EXTMI2021-15405	Resolución ST- 1365 de 07 octubre 2021	ANEXO D3-6	
Ministerio de Minas y Energía	Consulta sobre carácter de utilidad pública e interés social del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La y Resolución de dudas sobre el Concepto de Compatibilidad de uso de Suelo	Radicado de marzo de 2022	Radicado 2-2022-004280 del 8 de marzo de 2022	D_CAP_5_CAR_AREA_INFLUENCIA / D.1 ABIÓTICO / Suelos / Certificados o Uso_Suelo / Alcaldía Ibagué	El Ministerio de Minas y Energía valida el carácter de utilidad pública e interés social del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, que hace prevalente su desarrollo sobre el concepto que pueda emitir una autoridad local sobre el ordenamiento territorial.
PARQUES NACIONALES NATURALES	Solicitud de información sobre superposición con	Radicado 2021460088842 el día 27 de	Radicado 202124001083 41 del 13 de	ANEXO B.2 / PNN	Informa que NO presenta superposición con Parques Nacionales Naturales, otras

AUTORIDAD COMPETENTE	TRÁMITE	FECHA Y NO. RADICADO	FECHA Y NO. RESPUESTA	ANEXO DEL EIA	RESPUESTA
	áreas que se encuentren bajo alguna categoría de protección y/o áreas prioritarias de Conservación del SINAP a nivel nacional, regional o local, así como la certificación del registro de Reservas de la Sociedad Civil.	septiembre de 2021	octubre de 2021		categorías del SINAP, nuevas áreas propuestas para ampliación de áreas del SINAP, ni Reservas Naturales de la Sociedad Civil.
UNIDAD DE RESTITUCIÓN DE TIERRAS	Solicitud de información para el estudio de impacto ambiental del proyecto fotovoltaico "SHANGRI-LA"	Radicado DSC1-202125184 del 27 de febrero de 2021	Radicado DTT12-202104480 del 25 de octubre de 2021	ANEXO B.2	Respecto de la verificación en el sistema de registro de tierras despojadas o abandonadas forzosamente del predio relacionado en el anexo con la información suministrada por ustedes, no presentan solicitudes de restitución en curso.

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

Todas las solicitudes anteriormente mencionadas se realizaron teniendo en cuenta el área de influencia del proyecto tal como se evidencia en el ANEXO B.2 CAP 2 GENERALIDADES.

Adicionalmente, en el Anexo D.6 se presenta la Autorización de Intervención Arqueológica No. 1180 del 02 septiembre de 2021 y 647 del 26 mayo de 2021, conforme a los lineamientos del ICANH y a lo establecido en la Ley 1185 de 2008 o aquella que la modifique, sustituya o derogue, sin cuya aprobación no deberá adelantarse la obra.

### 2.1.5 Identificación de áreas del SINAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas) y SIRAP (Sistema Regional de Áreas Protegidas)

---

Las áreas de intervención e influencia físico-biótica del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La no presentan superposición con áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) o el Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP), públicas o privadas.

El sustento de estas condiciones se presenta en detalle en el Capítulo 5.2 Medio Biótico, numeral 5.2.1.3 Ecosistemas estratégicos, sensibles y / o áreas protegidas y sus anexos asociados (ver también Tabla 2.1-1).

### 2.1.6 Ecosistemas estratégicos y sensibles

---

Dentro del área donde se proyecta desarrollar el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, no se identifican ecosistemas estratégicos y sensibles, no obstante, el área de análisis está inmersa dentro de formaciones vegetales de bosque seco tropical, considerado prioritarias para la conservación, no solo por sus altos grados de endemismo y especiación sino también por localizarse en zonas con fuertes presiones antrópicas, que recaban en la disminución de su cobertura y pérdida de biodiversidad albergada<sup>2</sup>, imprimiéndole cierto grado de sensibilidad ambiental.

Por otra parte, según el Mapa de Áreas Prioritarias de Conservación elaborado por el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), The Nature Conservancy, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y el Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios

---

<sup>2</sup> González-M., R. Isaacs, P., García, H. y Pizano, C. 2014. Memoria técnica para la verificación en campo del mapa de bosque seco tropical en Colombia. Escala 1:100.000. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 29p.

Ambientales (IDEAM) en 2008, el área de influencia del parque solar y su línea de conexión no se encuentra sobre áreas prioritarias.

El sustento de estas condiciones se presenta en detalle en el Capítulo 5.2 Medio Biótico, numeral 5.2.1.3 Ecosistemas estratégicos, sensibles y / o áreas protegidas y sus anexos asociados (ver también Tabla 2.1-1).

### 2.1.7 Ubicación de otros proyectos en el área de influencia

---

El análisis de los proyectos licenciados, en superposición y coexistencia con el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, se presenta de manera detallada en el Capítulo 12 y se resume en el numeral 2.1.9 del presente capítulo.

De otra parte, en el Capítulo 3 (epígrafe 3.2.1) se presenta información sobre infraestructura existente en el área de influencia, relacionando vías, infraestructura social y/o productiva asociada o no al proyecto, infraestructura del Sistema Interconectado Nacional, entre otros.

### 2.1.8 Permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales.

---

En el marco del presente Estudio de Impacto Ambiental, las actividades de campo del medio biótico estuvieron amparadas bajo los siguientes Permisos de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales (ANEXO E.3):

- Estudios de Flora y Fauna: Resolución 02308 del 22 de noviembre de 2019 (para monitoreos de flora y fauna en 2021), y Resoluciones 02347 del 22 de diciembre de 2022 y 00291 del 01 de febrero de 2022 (para inventario de flora en 2022), por las cuales se otorgó permiso de recolección de especies silvestres de la diversidad

biológica con fines de elaboración de estudios ambientales a la empresa Sayab Medio Ambiente S.A.S.

- Estudios Hidrobiológicos: Resolución 01403 del 16 de julio de 2019, por la cual se otorga permiso de recolección de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales a la empresa Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S., el cual incluye la autorización para la movilización de los especímenes a ser recolectados con vigencia del presente permiso es de 24 meses.

Los certificados de herbario del material se presentan en el ANEXO D.2.2.

### 2.1.9 Implicaciones del proyecto en relación con las políticas, planes y proyectos de las áreas de influencia

---

De conformidad el Decreto 1076 de 2015, específicamente lo estipulado en el Capítulo 3 Licencias Ambientales, sección 6 Trámite para la obtención de la Licencia Ambiental, Artículo 2.2.2.3.6.4, se presenta en el Capítulo 12 el análisis de la coexistencia del *Proyecto Fotovoltaico Shangri-La*, con otros proyectos licenciados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), especificando cuales de ellos, si bien se encuentran dentro del área de influencia físico-biótica del Proyecto, no se superponen con el área de intervención (Ver Tabla 2.1-2) y cuales efectivamente se superponen con el área en la cual se ejecutarán las obras y actividades propias del Proyecto (i.e. área de intervención; Tabla 2.1-3), situación en la cual se demuestra la coexistencia de los proyectos y se establece el manejo y la responsabilidad individual de los impactos ambientales generados en el área superpuesta<sup>3</sup>:

---

<sup>3</sup> La superposición de proyectos se determinó mediante consulta del Sistema para el Análisis Geográfico de Información en el Licenciamiento Ambiental de la ANLA (SIGWEB), a partir del área de influencia físico-biótica y de Intervención del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La. El Sistema para el Análisis Geográfico de Información en el Licenciamiento Ambiental (AGIL) "es una herramienta que permite visualizar y consultar gráfica y dinámicamente capas de información geográfica de las diferentes entidades que producen información necesaria para decidir la viabilidad socioambiental de proyectos;

**Tabla 2.1-2 Proyectos con licencia ambiental identificados en el área de influencia físico-biótica del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.**

N	EXPEDIENTE	SECTOR	OPERADOR	NOMBRE DEL PROYECTO	ACTO ADMINISTRATIVO	
					Número	Fecha
1	LAM0022	Hidrocarburos	Hocol S.A.	Oleoducto del Valle del Magdalena Tenay Vasconia Coveñas	136	03/02/1989
2	LAM0069	Hidrocarburos	Sociedad Transportadora de Gas Internacional S.A. E.S.P.	Operación y Mantenimiento Gasoducto Centro Oriente - GCO	778	26/07/1995
3	LAM0170	Hidrocarburos	Empresa Colombiana De Petróleos – Ecopetrol S.A. y CENIT Transporte Y Logistica De Hidrocarburos S.A.S	Poliducto Gualanday Natagaima (Cruce Rio Saldaña)	284	08/09/1994
4	LAM2537	Hidrocarburos	Frontera Energy Colombia Corp. Sucursal Colombia	Bloque Exploratorio Buganviles	164	13/02/2004
5	LAM0304	Energía	Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P. ISA	Línea de Interconexión eléctrica Betania-Mirolindo	1235	15/11/1996

de igual forma, información geográfica temática propia de los estudios presentados a la ANLA en el proceso de licenciamiento Ambiental." AGIL se sustenta en un proceso de concertación interinstitucional, intersectorial e interdisciplinario, liderado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y los Institutos de Investigación Ambiental: el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), así como las Unidades Administrativas Especiales, el Sistema de Parques Nacionales y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, entre otros. Tomado de <https://sig.anla.gov.co/seleccion.aspx>. Así mismo, se consultó directamente a la ANLA a través del ANLA No. 2021218132-2-000 del 7 de octubre de 2021, por medio del cual solicita información sobre superposición de proyectos en el área de influencia socioeconómica y el área de intervención del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La (el soporte de la consulta realizada se adjunta en el ANEXO H.6 Radicado Consulta ANLA).

N	EXPEDIENTE	SECTOR	OPERADOR	NOMBRE DEL PROYECTO	ACTO ADMINISTRATIVO	
					Número	Fecha
6	LAV0018-00-2021	Energía	CELSIA COLOMBIA S.A. E.S.P.	CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PROYECTO SOLAR ESCOBAL 1 20,2 MW, SOLAR ESCOBAL 2 20,2 MW, SOLAR ESCOBAL 3 20,2 MW, SOLAR ESCOBAL 4 19,7 MW Y SOLAR ESCOBAL 5 19,7 MW	00231	19/01/2022

Fuente: Adaptado de radicado ANLA No. 2021218132-2-000 del 7 de octubre de 2021. complementada para solicitud de información adicional de la ANLA (Requerimiento 1).

Tabla 2.1-3 Proyectos con licencia ambiental superpuestos con el área de intervención del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La

N	EXPEDIENTE	SECTOR	OPERADOR	NOMBRE DEL PROYECTO	ACTO ADMINISTRATIVO	
					Número	Fecha
7	LAM4205	Infraestructura	Concesionaria San Rafael	Construcción Doble Calzada Variante de Picaleña del Proyecto Vial Girardot - Ibagué - Cajamarca.	1763	09/10/2008

Fuente: Adaptado de comunicado ANLA No. 2021218132-2-000, 2021.

En este contexto, es importante tener en cuenta que, si bien el comunicado de la ANLA ANLA No. 2021218132-2-000 del 7 de octubre de 2021 (ANEXO H.7), menciona también como superpuestos los expedientes LAM4121, LAM4750, LAV0009-00-2021, LAV0018-00-2021, LAV0045-00-2019 y LAV0084-00-2015, estos no se incluyen dentro del análisis realizado en este capítulo, puesto que, solo el área de influencia del medio socioeconómico se traslapa con estos proyectos, sin que las áreas de influencia físico-biótica y de intervención tengan alguna relación espacial directa con estos proyectos.

Para dar cumplimiento al Requerimiento 1 se continuó la gestión de reuniones y mesas de trabajo con los titulares de las licencias asociadas a los expedientes LAM0022 (Hocol), LAM0069 (TGI), LAM0170 (CENIT), LAM2537 (FRONTERA ENERGY), LAM0304 (ISA) Y LAV0018-00-2021 (CELSIA), dando como resultado la validación formal de Coexistencia entre todos estos proyectos con el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La. La gestión, documentación y soportes asociados se actualiza en el Capítulo 12 (Superposición\_Coexistencia\_Proyectos\_EIA\_PF\_Shangri-La\_VF4) y sus anexos relacionados (ANEXO H).

De esta manera, se da cabal cumplimiento a las disposiciones del *Artículo 2.2.2.3.6.4 de Decreto 1076 de 2015*, sobre superposición y coexistencia de proyectos.

La trazabilidad de las comunicaciones enviadas y recibidas en el contexto de la superposición y coexistencia del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La con otros proyectos licenciados, se presenta completa en el ANEXO H.4 y ANEXO B.2 OTRAS COMUNICACIONES / SUPERPOSICIÓN.

## 2.2 Equipo humano para la elaboración EIA

A continuación, en la Tabla 2.2-1 se relaciona la información del grupo de profesionales que participaron en la elaboración del presente documento.

**Tabla 2.2-1. Profesionales elaboración E.I.A. P.F. Shangri-La**

EQUIPO HUMANO	PROFESIÓN / FORMACIÓN
<b>Dirección / Coordinación</b>	
Paul Andrés Gómez Sandoval	Biólogo. Magíster en Ciencias.
<b>Redacción / Gabinete</b>	
Laura Marcela Gómez García	Ingeniera ambiental. Especialista en riesgos de desastres naturales
Andrés Felipe Carvajal Díaz	Ingeniero Civil
Arlensiu Tiboche García	Bióloga
Diana Lorena Pérez Pérez	Bióloga

EQUIPO HUMANO	PROFESIÓN / FORMACIÓN
Diego Mauricio Cabrera Amaya	Biólogo
Hernán Darío Hernández Castaño	Ingeniero Geólogo. Especialista en Geotecnia Ambiental
Eduin Ariel Leguizamón Rubio	Ingeniero ambiental
José Alfredo Rueda Núñez	Ingeniero Civil. Magíster en Ingeniería Civil/Área Recursos Hídricos
Jorge Alberto Hernández Castaño	Ingeniero Catastral y Geodesta-Profesional SIG
<b>Social</b>	
Elisa Medicci	Abogada, especialista en Derechos Humanos
Nelson Reyes Gonzalez	Trabajador Social, especialista en Responsabilidad Social Empresarial
Johana Beltrán	Abogada
Camila Pérez Sánchez	Apoyo en Campo (estudiante de Trabajo Social)
<b>Arqueología</b>	
Verónica Isabel Arroyave Pérez	Antropóloga - Arqueóloga
Daniela Barco Castro	Geóloga - Apoyo en campo
<b>Trabajo de campo</b>	
Eduin Ariel Leguizamón Rubio	Ingeniero ambiental
José Alfredo Rueda Núñez	Ingeniero Civil. Magíster en Ingeniería Civil/Área Recursos Hídricos
Katherine Alexandra Cano Calderon	Bióloga Fauna
Yenni Paola Caicedo Cardenas	Bióloga Fauna
Vivian Vanessa Ospina Cespedes	Bióloga Fauna
Maria Fernanda Valencia Escalante	Bióloga epífitas
Andres orlando Barreneche	Ingeniero Forestal
Carlos Andres Rengifo Cabezas	Biólogo epífitas
Andres Felipe Montoya	Ingeniero Forestal
Viviana Gisella Franco Galindo	Ingeniera Forestal
Yeferson Albino Bohorques	Biólogo ecosistemas acuáticos
Jaime Leonardo Lozano Bravo	Biólogo ecosistemas acuáticos
Karol Tatiana Fierro Rodriguez	Bióloga calidad del agua
Laura Daniela Muñoz Medina	Bióloga calidad del agua
Sandra Carolina Puerto Alfonso	Ingeniera Agrónoma
Lina Alejandra Mora Restrepo	Bióloga, Especialista en Gestión y Evaluación de Impacto Ambiental

EQUIPO HUMANO	PROFESIÓN / FORMACIÓN
Hector Mauro Diaz Sanchez	Biólogo, Especialista en Ingeniería Ambiental
Milton Rincon	Biólogo Taxónomo flora vascular
Alejandra Suarez Corredor	Bióloga Taxónoma flora no vascular

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

## 2.3 Alcances

El alcance del presente EIA está ajustado a los lineamientos de los siguientes instrumentos reglamentarios:

- ✓ Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR-015, adoptados mediante la Resolución 1670 del 15 de agosto de 2017.
- ✓ Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17, adoptados mediante la Resolución 0075 del 18 de enero de 2018
- ✓ Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, adoptada mediante la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 (MADS<sup>4</sup>, 2018). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, adoptado mediante la Resolución 9 0708 del 30 de agosto de 2013 y las Normas Técnicas Colombianas NTC 1736 de 2005, NTC 2775 y NTC 5513 de 2007.

Así mismo, considera la normatividad sectorial y ambiental aplicable sobre uso aprovechamiento y afectación de recursos naturales, lineamientos de participación, protección de la biodiversidad y preservación del patrimonio cultural de la nación

De acuerdo con lo anterior el EIA contempla los siguientes aspectos relevantes:

<sup>4</sup> Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2018. Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, adoptada mediante la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018. 228 p.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Recopilación y análisis de información secundaria mediante consulta a bases de datos de instituciones especializadas en los temas contemplados en los diferentes componentes abiótico, biótico y socioeconómico.

El desarrollo de los lineamientos de participación, en tres momentos, con las comunidades asentadas y las autoridades de los municipios de Ibagué y Piedras del área de influencia del proyecto de acuerdo con las actividades que se van a realizar.

El levantamiento de información primaria de los diferentes componentes ambientales del medio abiótico, biótico y socioeconómico por un grupo interdisciplinario de profesionales, con el fin de establecer las características socioambientales del área, la zonificación del área de influencia y su potencial para el establecimiento del proyecto fotovoltaico.

Los objetivos y generalidades del proyecto, donde se contemplan los antecedentes, justificación, el alcance del estudio y las metodologías utilizadas para la realización de este.

La descripción de las actividades del proyecto correspondientes a las fases de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento donde se presentan diseños tipo de la infraestructura proyectada para el área de estudio.

La definición, identificación y delimitación de las áreas de influencia del proyecto.

La caracterización socioambiental del área de influencia del proyecto.

La zonificación ambiental del proyecto teniendo en cuenta la sensibilidad ambiental del área

La definición del uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales para la puesta en marcha del proyecto.

La dimensión y evaluación de los impactos producidos por el proyecto.

La zonificación de manejo de la actividad categorizando el área en zonas de intervención, de restricción y e exclusión.

La definición de medidas de manejo ambiental para los impactos ambientales presentada a manera de fichas. Se establecerá los planes y programas que contendrán el conjunto de medidas orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales identificados por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad y los mecanismos de seguimiento y monitoreo para evaluar el desempeño del plan de manejo ambiental. Dentro del mismo se estableció: Programas de manejo ambiental, Plan de seguimiento y monitoreo, Plan de gestión del riesgo, Plan de desmantelamiento y abandono y Plan de compensación por pérdida de biodiversidad.

Cartografía temática: El alcance de la cartografía del presente estudio contempla adoptar el sistema de referencia geográfico-Magna Sirgas Origen Nacional, a la escala establecida en los términos de referencia para las siguientes temáticas:

- Localización del proyecto que contenga división política administrativa y área de influencia del proyecto.
- Geología, Geomorfología y geotecnia.
- Pendientes.
- Unidades Suelos, uso potencial, uso actual y conflictos del suelo.
- Clima.
- Mapa de hidrología.
- Mapa de unidades hidrogeológicas.
- Localización de puntos de muestreo.

- Mapa Social.
- Zonificación ambiental para las áreas de influencia directa e indirecta.
- Zonificación de Manejo.
- Mapa de riesgo y amenazas.
- Mapas de infraestructura del proyecto.

## 2.4 Limitaciones y/o restricciones del EIA

---

Desde el medio socioeconómico, se identificaron diferentes retos asociados especialmente al proceso de información y participación y que se originaron en situaciones sociopolíticas atípicas, especialmente lo relacionado con la emergencia sanitaria declarada por el Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 385 del 12 de marzo de 2020 y extendida hasta el 30 de noviembre de 2021 mediante resolución número 1315.

De igual manera, la situación provocada por el paro nacional en Colombia (mayo – julio 2021) estableció una postura de prevención que, se evidenció en los contactos iniciales con los diferentes actores comunitarios, respecto a entrar en contacto con personas desconocidas a su entorno inmediato. Constituyendo estas situaciones, grandes retos a superar en el proceso de relacionamiento necesario para establecer los lineamientos de participación de forma oportuna.

A pesar de las restricciones asociadas a la movilidad y a establecer el relacionamiento con los diferentes actores, se logró generar espacios de comunicación con la mayoría de los líderes comunitarios, con quienes se estableció contacto vía teléfono y la aplicación WhatsApp, buscando siempre realizar un acercamiento y validar la posibilidad de hacer

visitas presenciales. Dicha gestión avanzó de manera lenta por las válidas preocupaciones de los líderes respecto a una posibilidad de contagio del virus activo COVID19.

De esta manera y ante la falta de capacidad de desarrollo de espacios colectivos, se centró el proceso en los liderazgos activos en cabeza de los presidentes de las Juntas de Acción Comunal, así como también estableciendo las reuniones que fueron posibles al aire libre o espacios abiertos; como complemento se ubicaron unos puntos informativos en los cuales se entregó información general a los transeúntes de las diferentes zonas (ver Capítulo 5.3).

Otra dificultad para el desarrollo de los lineamientos de participación se pudo evidenciar en un posible agotamiento en las diferentes instancias de liderazgo, esto respecto a la resolución 0337 del 12 de marzo de 2021 (Ministerio del Interior) mediante la cual "*se suspenden las elecciones de directivos y dignatarios de los organismos de acción comunal*". En diferentes conversaciones con los presidentes de JAC, manifestaron que la gente no estaba participando activamente en las convocatorias, lo que se vio reflejado en los bajos niveles de asistencia.

Con relación a las instituciones públicas, en la gran mayoría se logró contar con un espacio de presentación del proyecto. Respecto al caso de la Gobernación del Tolima y la Personería de Ibagué no se logró establecer espacios de socialización, esto a pesar de múltiples solicitudes que se relatan en el capítulo 5.3 (numeral 5.3.1). Ante esta situación, se procedió a enviarles un resumen ejecutivo respecto al desarrollo del proyecto.

Para el desarrollo del proceso informativo con los predios, se logró generar espacios de socialización con los propietarios de las haciendas donde se ubicará el parque fotovoltaico Shangri-La. Para los predios ubicados en el trazado de la Línea de Transmisión Eléctrica no se concretaron espacios de socialización, buscando de esta manera respetar los intereses de los propietarios de dichos predios, previniendo malentendidos que pudieran llegar a afectar las negociaciones de servidumbres que adelanta la OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P.

## 2.5 Metodología para la elaboración del EIA

---

### 2.5.1 Metodología para la descripción del proyecto

---

En este epígrafe se compila toda la información técnica en la que se fundamenta el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, dando cumplimiento a los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA en Proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR-015, adoptados mediante la Resolución 1670 del 15 de agosto de 2017 y lo términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA Proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17, adoptados mediante la Resolución 0075 del 18 de enero de 2018.

La información obtenida en sus diferentes etapas permitió conocer las condiciones existentes en el área de influencia (AI), su ubicación exacta y distribución de áreas al interior de las unidades territoriales, el estado y cantidad de la infraestructura existente (vías de acceso, líneas eléctricas, infraestructura petrolera existente, infraestructura de servicios públicos, cruces con cuerpos hídricos, cruces con vías y con Proyectos de infraestructura lineal, etc.). Esta caracterización fue una herramienta básica para definir necesidades de recursos, fuentes de materiales, personal requerido y equipo necesario para las actividades inherentes al Proyecto.

La finalidad de llevar a cabo la caracterización de la infraestructura vial es identificar las características del área donde se realizará el proyecto, junto con el inventario de vías y obras viales presentes que pueden ser utilizadas durante la implementación del proyecto. Esta caracterización se llevó a cabo mediante la recopilación y análisis de información secundaria (i.e: interpretación de la imagen satelital). Paso seguido, se realizó la verificación de la infraestructura vial a través de un reconocimiento realizado durante la etapa de campo entre el 03-10 de septiembre del año 2021; posteriormente, con la

información obtenida se efectuó el ajuste del plano e inventario de vías y elaboración de la memoria técnica correspondiente.

### 2.5.1.1 Evaluación de vías de acceso al área del proyecto

---

La clasificación de las vías de acceso al área de influencia se realizó de acuerdo con las clasificaciones de vías vigentes actualmente en el territorio colombiano:

#### 2.5.1.1.1 Clasificación de la red vial existente según el Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

- **Vías primarias (I):** Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de este con los demás países. Las vías de tipo primario son de carácter nacional, siendo el encargado del mantenimiento el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).
- **Vías secundarias (II):** Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria. Pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.
- **Vías terciarias (III):** Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Pueden funcionar en afirmado y pueden requerir mantenimiento.

#### 2.5.1.1.2 Clasificación según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

Clasifica las carreteras según el orden cartográfico básico de Colombia y el inventario de las características de los suelos. Las categorías se subdividen en siete (7) tipos de estructuras viales, Tabla 2.5-1.

**Tabla 2.5-1 CLASIFICACIÓN DE TIPO DE VÍA (IGAC)**

TIPO DE VÍA	CARACTERISTICAS
Vía Tipo 1	Son las carreteras pavimentadas con un ancho de calzada entre 5 y 8 metros
Vía Tipo 2	Son las vías pavimentadas con un ancho de calzada entre 2 y 5 metros
Vía Tipo 3	Corresponde a las carreteras sin pavimentar con un ancho de calzada entre 5 y 8 metros
Vía Tipo 4	Corresponde a las carreteras sin pavimentar con un ancho de calzada entre 2 y 5 metros
Vía Tipo 5	Corresponde a las carreteras sin pavimentar a nivel de rasante sin mejorar, transitable en tiempo seco.
Vía Tipo 6	Corresponde a las vías que junten fincas entre sí. Se ven representadas por los caminos de herradura o las huellas dejadas por el tránsito de vehículos.
Vía Tipo 7	Hace referencia a senderos, no transitables en vehículos.

Fuente: Catalogo de representación cartográfica básica digital IGAG escala 1:10000

El desarrollo del trabajo de campo se basó en la toma de información completa y veraz de todos los aspectos técnicos teniendo en cuenta la información secundaria obtenida en la fase de recopilación, descripción y análisis de la información secundaria.

En la Figura 2.5-1 se registra de manera esquemática el procedimiento de revisión de vías existentes y la proyección de la vía nueva.

Ibagué y Piedras (Tolima)

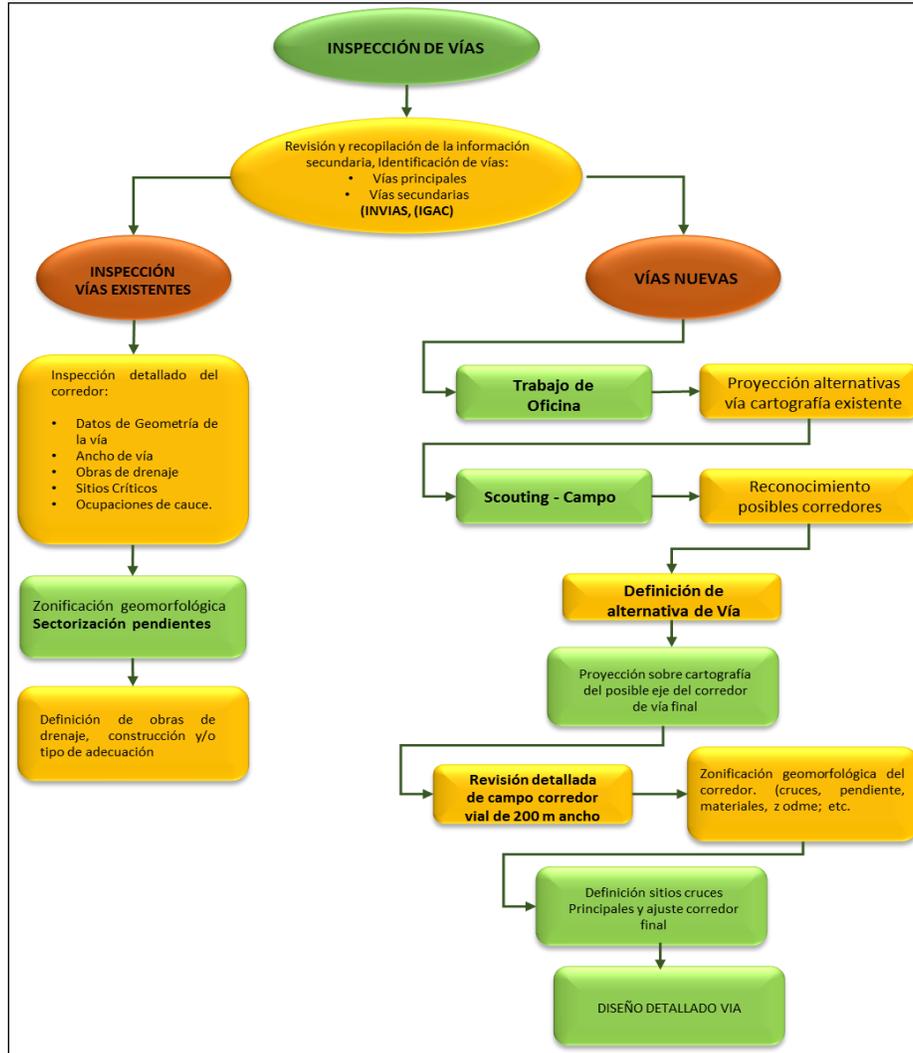


Figura 2.5-1 Metodología para la inspección de vías existentes y vías nuevas.

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

### 2.5.1.2 Etapa Precampo Descripción de vías

La identificación inicial de la vía de acceso existente en el área se realizó sobre la cartografía general de la zona, con base en la información del área de influencia y la consultada en las diferentes páginas web de las instituciones como el INVIAS, Ministerio de Transporte y Agencia Nacional de Infraestructura. Como resultado se definieron las principales rutas de acceso al área de influencia.

Las actividades realizadas fueron:

- Definición de las rutas de acceso al Área de influencia que comprende vías principales, secundarias y terciarias.
- Identificación de las vías, longitud de estas, la transitabilidad y con la consulta de información del INVIAS, gobernación y municipio se indagó sobre el estado general de las vías secundarias y terciarias.
- Con la cartografía inicial general de las vías, se definieron los corredores que servirán de acceso al área del proyecto y sobre las cuales se realizará el reconocimiento de detalle.
- La información de las vías a las cuales se realizó el reconocimiento de campo para el proyecto se cargó en equipos navegadores GPS con los cuales los profesionales realizaron la revisión de campo.

### 2.5.1.3 Etapa de campo

#### 2.5.1.3.1 Revisión de vía terciaria existente

Durante la etapa de campo la cual se realizó entre el 03 al 10 de septiembre del año 2021, se realizó reconocimiento detallado de la vía de acceso terciaria existente. Para la ejecución de las actividades de campo se utilizaron las siguientes herramientas y equipos:

- Camioneta: Para realizar los desplazamientos desde la cabecera municipal de Ibagué al área del proyecto.
- Equipo navegador GPS, en el que se cargaron previamente todos los Track de la vía a recorrer.
- Cámara fotográfica.

#### 2.5.1.3.2 Reconocimiento de tramos de vías

El reconocimiento se hizo a lo largo de la vía terciaria existente, ubicando estaciones (cada 500 m) o en sectores técnicamente importantes. El reporte de cada uno de los sitios de registro de la vía se realizó mediante el diligenciamiento del formato correspondiente.

En cada uno de estos tramos se registró, entre otros, los siguientes parámetros:

- Ancho de la vía.
- Pendiente longitudinal.
- Longitud de tramo.
- Presencia de cunetas (en concreto o tierra).
- Tipo de adecuación (subrasante, subbase o afirmado).
- Estado general de cada tramo (se verificó presencia de baches, estado de drenaje, entre otros) se definió en términos de bueno, regular, malo y crítico, para establecer el estado de tránsito en cada sector.
- Inspeccionar de manera general la estabilidad de los taludes de corte y relleno existentes, definir la afectación existente, el grado de erosión y los problemas de remoción en masa de estos y establecer obras generales de manejo.
- Zonas críticas de la vía, en las que se establecieron las características generales, las dimensiones y las posibles medidas de manejo.
- Definir en cada tramo inspeccionado el tipo y cantidades aproximadas requeridos para el mantenimiento general del tramo.

#### 2.5.1.4 Revisión de obras de drenaje

En cada una de las vías se registraron la totalidad de las obras de drenaje existente referenciadas mediante la toma de datos de coordenadas con GPS navegador.

Las obras de drenaje corresponden a: alcantarillas, box culvert, pontones, puentes.

De igual forma se revisó el estado de obras de contención existentes (muros de concreto, muros de gaviones; etc.).

#### 2.5.1.5 Zonificación geomorfológica de la vía

Durante el reconocimiento de la vía el grupo de profesionales realizó la sectorización en tramos, teniendo en cuenta los diferentes cambios de pendiente longitudinal a lo largo del corredor, asociándolo a unidades geomorfológicas de la zona. Con la sectorización

por cambio de pendiente se establece las actividades de mantenimiento y adecuación necesarias en las vías existentes y en las vías a construir.

En cada uno de estos tramos se registró entre otros los siguientes parámetros:

- Ancho de la vía.
- Pendiente longitudinal.
- Longitud de tramo.
- Presencia de cunetas (en concreto o tierra).
- Tipo de adecuación (subrasante, sub-base o afirmado).
- Estado general de cada tramo (establecer si hay baches, estado de drenaje; etc.) y definir en términos de bueno, regular, malo y crítico, para establecer el estado de tránsito en cada tramo.
- Inspección de manera general la estabilidad de los taludes de corte y relleno existentes, definir la afectación existente, el grado de erosión y los problemas de remoción en masa de los mismos y establecer obras generales de manejo.
- Dimensiones de zonas críticas de la vía, establecer sus características generales, las dimensiones, las posibles medidas de manejo.
- Definir en cada tramo inspeccionado el tipo y cantidades aproximadas requeridos para el mantenimiento general del tramo.

#### 2.5.1.6 Definición de alternativas de vías de acceso nuevas

Con las posibilidades de acceso planteadas sobre la cartografía se realizó un reconocimiento detallado a lo largo de los corredores definidos en oficina, con el objeto de realizar la revisión técnica, ambiental y social del área por donde se plantearon las alternativas de acceso.

En la revisión durante el trabajo de campo se reunió información de cada alternativa referente a:

##### **Técnica:**

- Longitud de la vía.
- Movimiento de tierras (estimativo en términos de poco, medio o mucho).

Ibagué y Piedras (Tolima)

- Pendientes de la zona.
- Cruces de corrientes (ocupación de cauces).
- Obras de drenaje (tipo, dimensiones y localización).
- Requerimientos de obras de contención.
- Sitios críticos.

**Ambiental**

- Cobertura Vegetal (tipo).
- Cuerpos de agua.
- Áreas de importancia ambiental (ciénagas, reservas, etc.).

**Social**

- Veredas.
- Predios y propietarios.
- Presencia de comunidades indígenas y comunidades negras.
- Juntas de acción Comunal (contacto con las juntas).
- Primeros contactos con los entes gubernamentales (alcaldías).

El resultado del trabajo de campo fue establecer la ruta más adecuada desde el punto de vista técnico, ambiental y social, para el acceso al área, conocer las características generales de la misma.

La definición del mejor corredor de acceso para el área tiene que ver con elementos tales como:

- Longitud del tramo.
- Cantidad de sitios de ocupación de cauces y obras.
- Intervención de cobertura vegetal.
- Costos estimados de la construcción.
- Movimiento de tierras.
- Conveniencia para el proyecto y para la comunidad de la zona.

### 2.5.1.7 Etapa post-campo

Los tracks obtenidos en los recorridos realizados en campo georreferenciados, fueron cargados en el software del Sistema de Información Geográfica ArcGIS, para el análisis respectivo de la información (Track's y waypoints); posteriormente se procedió a la elaboración del informe final con la ayuda del registro fotográfico y los apuntes tomados en campo.

Finalmente, se generaron la descripción de cada uno de los corredores viales, en los que se identificaron las características de mayor relevancia. Las cuales se detallan en el **Capítulo 3 Descripción del proyecto.**

### 2.5.2 Área de Influencia

---

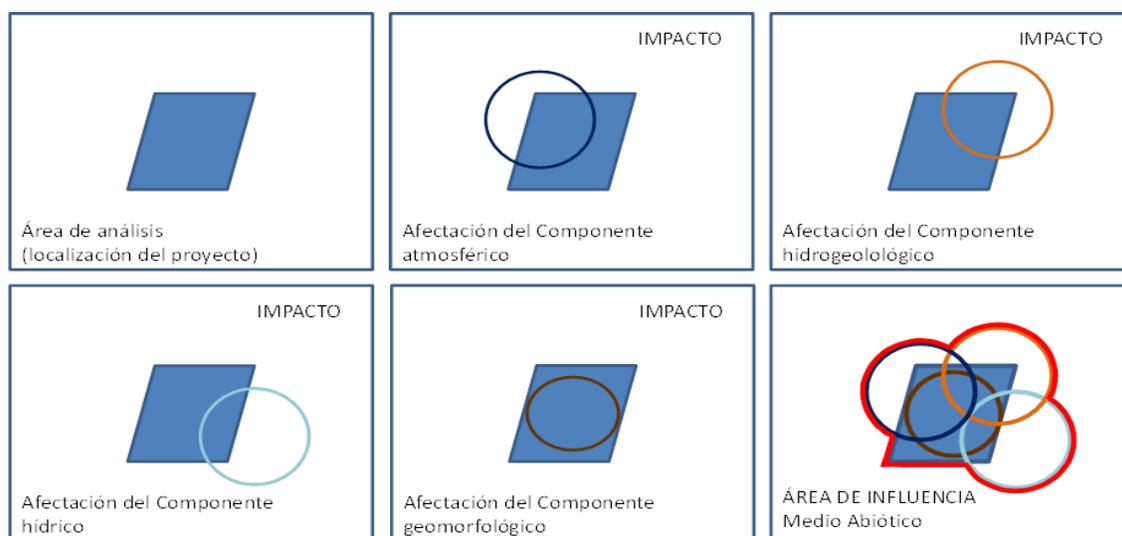
La definición del área de influencia para el proyecto fue delimitada de acuerdo a los lineamientos de la Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA (2018), teniendo en cuenta esto, la estructura del capítulo 3.1 Área De Influencia, fue desarrolla para un área de Influencia preliminar y definitiva y no bajo el concepto de área de influencia Directa(AID) y área de Influencia Indirecta (All) según lo establecido por los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para la Conducción de Fluidos por Ductos en el sector de Hidrocarburos-HI-TER 1-05 del año 2006.

La definición del área de influencia consideró las actividades propias del proyecto y la manifestación de los posibles impactos significativos por el desarrollo de las mismas en los medios abiótico, biótico y socioeconómico.

La manifestación de los impactos ambientales, de acuerdo con las actividades a ejecutar para el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, varía de un componente o grupo de componentes a otro, para lo cual se delimitó un área de

influencia para cada componente ambiental, grupo de componentes o medios descritos en la caracterización ambiental.

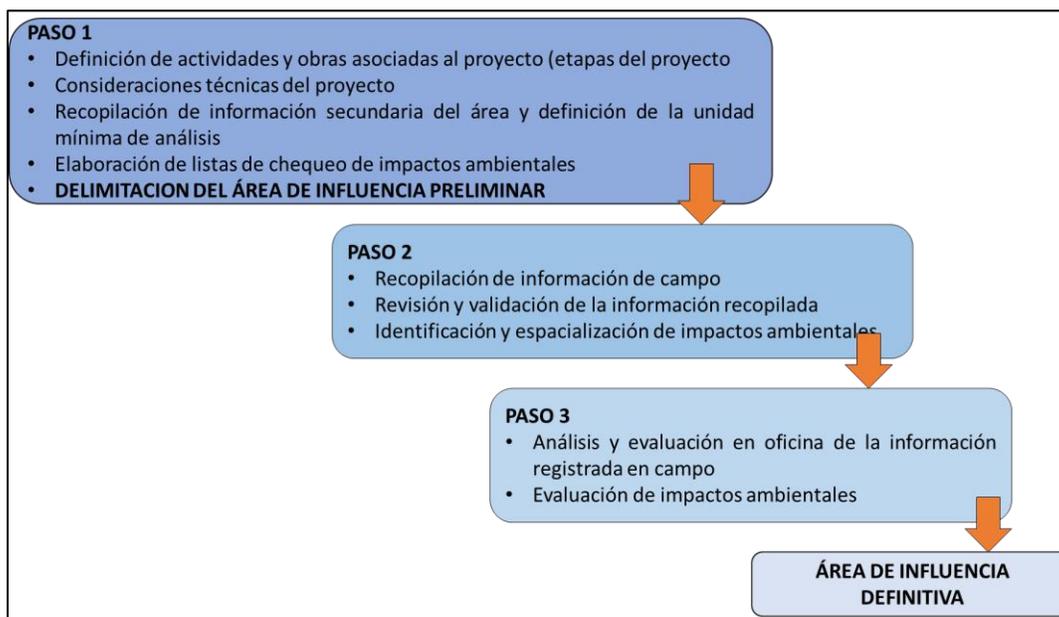
Para la delimitación del área de influencia se definió la unidad mínima de análisis para cada uno de los componentes o grupo de componentes considerados de acuerdo con las unidades caracterizadas (Figura 2.5-2), o con la unidad que reflejara la manifestación de los impactos significativos.



**Figura 2.5-2 Área de Influencia por Componentes y Medio**

Fuente: Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA (2018)

A continuación, en la Figura 2.5-3 se muestra el proceso metodológico implementado para la definición y delimitación del área de influencia del proyecto.



**Figura 2.5-3 Definición y Delimitación del área de Influencia para el Proyecto**

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

Una vez obtenidas las áreas correspondientes a cada componente o medio, se procedió a hacer un traslape con el fin de generar un área de influencia físico-biótica, la cual se utilizó para especializar la información temática. Para el área de influencia socioeconómica se delimitó un área de influencia independiente, mediante un proceso sistemático que toma de partida la definición del área de influencia físico-biótica en conjunto con las actividades del proyecto y características como la división administrativa presente en el área. En el **capítulo 4 Área de Influencia** se desarrolla a detalle la metodología descrita.

### 2.5.3 Caracterización Medio abiótico

La caracterización ambiental para el componente Abiótico del proyecto "Estudio de Impacto Ambiental del proyecto fotovoltaico Shangri-La" incluye la descripción de los capítulos de geología, geomorfología, paisaje, suelos y uso de la tierra, hidrología, calidad

del agua, hidrogeología, geotecnia, atmosfera, así como una evaluación de las principales amenazas naturales (sismicidad, inundaciones, incendios, procesos morfodinámicos, entre otras). Esta información es obtenida a partir de tres fases, claramente diferenciables: fase de precampo, fase de campo y fase de postcampo. En cada una de estas etapas se aporta información importante para la elaboración de la línea base ambiental de cada componente. La caracterización ambiental para cada componente será realizada dentro del área de influencia definida por cada componente.

### 2.5.3.1 Geología

La metodología utilizada para la caracterización del componente geológico fue la recomendada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en su publicación: "Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (2018)". Dentro de estas metodologías se presentan las fuentes de información oficial que deben ser consultadas para la elaboración de estudios ambientales para el componente geológico. Las fuentes de información oficiales consultadas corresponden al Servicio Geológico Colombiano (SGC) antiguo INGEOMINAS, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), . Algunas de las publicaciones del Servicio Geológico Colombiano consultadas fueron: "Estándares cartográficos y de manejo de información gráfica para mapas geológicos departamentales y planchas escala 1:100.000", "Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geológica para ingeniería, Volumen II (2004)-Proyecto de Compilación y levantamiento de la información geomecánica", "Mapa de amenaza sísmica para Colombia" (2010), "Guía para el registro de datos en campo (2003)", "Mapa geológico de Colombia" (2015), "Plancha geológica 245 Girardot (2002)", "Geología de la plancha 245" (2002), escala 1:100.000"; "Geología de la plancha 244 Ibagué (1982)" y "Geología y prospección geoquímica de las planchas 244 Ibagué y 263 Ortega departamento del Tolima Colombia, escala 1:100.000" (1982).

Otras fuentes de información oficial consultadas corresponden a las publicaciones realizadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) "Cuencas sedimentaria de Colombia-2010" "Petroleum Geology of Colombia- Supper Magdalena Basin-2011", "Mapa de cuencas de Colombia-2007". Esta información secundaria fue complementada

con la consulta de publicaciones geocientíficas realizadas por centros de investigación y educación como la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad de Caldas y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja.

A partir del análisis preliminar de la anterior información, se definieron los siguientes elementos presentes en el área de influencia:

- Definición de las unidades litológicas dentro del área de estudio e identificación de las localidades donde se pueden levantar columnas estratigráficas.
- Definición preliminar de los principales rasgos estructurales.
- Definición preliminar de las geoformas.
- Identificación de amenazas sísmicas y/o fenómenos de remoción en masa.
- Fisiografía e hidrografía en la zona.
- Zonas de erosión existentes.
- Definición preliminar de recorridos para las secciones estructurales y estaciones de control para realizar en campo.
- Principales vías de acceso al proyecto e identificación de los posibles puntos para la apertura de calicatas y apiques.

Es importante mencionar que la metodología aplicada cumple con lo solicitado por los "Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental (EIA) para proyectos de sistemas de uso de energía solar fotovoltaica y transmisión de energía eléctrica, proferidos por la autoridad nacional de licencias ambientales (ANLA) y la "Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (2018)".

#### 2.5.3.1.1 Fase de precampo

Basados en la información secundaria recopilada se inicia la fase precampo, de tal modo que se analiza de forma detallada todo tipo de información geológica, que puede ser utilizada para la caracterización ambiental del área de estudio. A partir de esta información, se generan los mapas preliminares para el componente geológico (mapa de unidades litoestratigráficas, estructuras geológicas, mapa de posibles estaciones de control de campo), los cuales son llevados a campo, para validar aspectos como:

unidades geológicas, determinación de contactos geológicos, parámetros estructurales (rumbo/buzamiento), presencia o ausencia de fallas geológicas, levantamiento de columnas estratigráficas.

La cartografía geológica preliminar del área de estudio se realizó sobre la base de las planchas geológicas 245 y 244, escala 1:100.000, elaboradas por el Servicio Geológico Colombiano, así como con el mapa geológico de Colombia-versión 2015. Se utilizaron, además imágenes satelitales disponibles en la plataforma de Google Earth, donde por cambios de relieve fue posible establecer algunos contactos geológicos, los cuales fueron validados durante el trabajo de campo. Con esta información preliminar, se realizó una planificación del trabajo de campo. Las actividades para dicha planificación se mencionan a continuación:

1. El análisis de la imagen satelital del proyecto (Imagen es una Bing, resolución espacial 0,59716 y resolución radiométrica de 8 bits) proporciona una visión generalizada del conjunto de macro formas y estructuras del relieve. A través del software ArcGIS 10.2, se comparó las imágenes satelitales de Google Earth con los mapas preliminares, con el objetivo de trazar rasgos y lineamientos estructurales, posibles accesos, objetivos de levantamientos estratigráficos y líneas alternativas para elaborar las secciones estructurales. Finalmente se generó un modelo para corroborar y ajustar según las observaciones y determinaciones realizadas en los recorridos de la fase de campo.

2. Con el análisis de la imagen satelital, se registran las geoformas del terreno y procesos geomorfológicos, adicionalmente es de gran ayuda en la elección de rutas a seguir y sitios claves a visitar. El procedimiento de levantamiento geológico consistió en la interpretación y mapeado provisional de unidades geológicas y otra información relevante, tal como sistemas de drenaje, datos estructurales, infraestructura vial, cultivos, asentamientos, entre otros. Como resultado final se obtuvo la delineación de las unidades geológicas, contactos. La definición de las unidades litoestratigráficas se realizó teniendo en cuenta parámetros como textura, estructura, sorteamiento, porosidad,

permeabilidad, tamaño de grano, así como su disposición estructural (rumbo/buzamiento).

3. Los rasgos estructurales y unidades litoestratigráficas cartografiadas, fueron revisados durante el análisis de las imágenes aeroespaciales, para así precisar la definición de contactos litológicos, cartografía y caracterización de lineamientos, formas del terreno, entre otros aspectos geológicos presentes en el área de estudio.

#### 2.5.3.1.2 Fase de campo

La planeación y desarrollo de la fase de campo para el componente geológico consistió en una propuesta de estaciones teóricas para visitar en campo y corroborar la información compilada en la fase preliminar de oficina, tales como la verificación de la extensión de unidades geológicas, contactos geológicos, datos estructurales.

En términos generales el formato de campo para geología describe aspectos sobre: localización del punto de control, número de estación, nombre de la unidad geológica, roca predominante, características de la unidad litológica, esquema del afloramiento, características del depósito sedimentario. El diligenciamiento del formato de campo es realizado teniendo en cuenta las recomendaciones y tablas dispuestas en la guía para la toma de datos en la libreta de campo, elaborado por el Servicio Geológico Colombiano en el año 2003. El formato es diligenciado de acuerdo con el tipo de roca: sedimentaria, ígnea o metamórfica. Las características que se deben tener en cuenta para el diligenciado de dicho formato de campo se presentan a continuación.

#### **Rocas sedimentarias**

Los aspectos fundamentales en la descripción de rocas sedimentarias son el tamaño de grano y la clasificación textural. Para el tamaño de grano y la clasificación textural de rocas sedimentarias se empleó la escala de Wentworth (1922) (Figura 2.5-4). Este investigador, según el tamaño de partículas predominante, propone los siguientes términos para la clasificación de las rocas sedimentarias. Lodo: incluye sedimentos o partículas de tamaño menor a 0,0625 mm, entre las cuales están, arcilla, limo muy fino,

Ibagué y Piedras (Tolima)

fino, medio y grueso. Normalmente, solo se hace la diferencia entre limo y arcilla. Arena: incluye sedimentos o partículas de tamaño mayor a 0,0625 mm hasta 2 mm, entre las cuales están, arena muy fina, arena fina, arena media, arena gruesa, arena muy gruesa. Gravas: incluye partículas mayores a 2 mm, entre las cuales están en orden ascendente del tamaño de grano: gránulos, guijos, cantos y bloques. Un conglomerado puede ser clasto – soportado (ortoconglomerado) o matriz – soportado (paraconglomerado), también puede ser oligomíctico (fragmentos derivados de un tipo de roca) o polimíctico (fragmentos derivados de varios tipos de roca).

CLASES DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS					
	NOMBRE	MILIMETROS	TAMAÑO EN MICRONES	PHI	PRODUCTO LITIFICADO
GRAVA	Bloque	256,0		- 8,0	Conglomerado
	Guijarro	64,0		- 6,0	Conglomerado
	Guijo	4,0		- 2,0	Conglomerado
	Gránulo	2,0		- 1,0	Conglomerado
ARENA	Arena muy gruesa	1,0		0,0	Arenita muy gruesa
	Arena gruesa	0,5	500,0	1,0	Arenita gruesa
	Arena media	¼	250,0	2,0	Arenita media
	Arena fina	1/8	125,0	3,0	Arenita fina
	Arena muy fina	1/16	62,5	4,0	Arenita muy fina
LODO	Limo grueso		31,0	5,0	Limolita
	Limo medio				
	Limo fino				
	Limo muy fino	1/256	3,9	8,0	
	Arcilla	< 1/256			Arcillolita

Figura 2.5-4 Tamaño de grano de las rocas, Fuente: SGC, 2001

Adicionalmente lo relacionado con la clasificación composicional de las sedimentitas se empleó la propuesta por Folk en 1974 y que se presenta a continuación en la Figura 2.5-5. Esta clasificación fue complementada con la clasificación textural de Folk (Figura 2.5-6).

Ibagué y Piedras (Tolima)

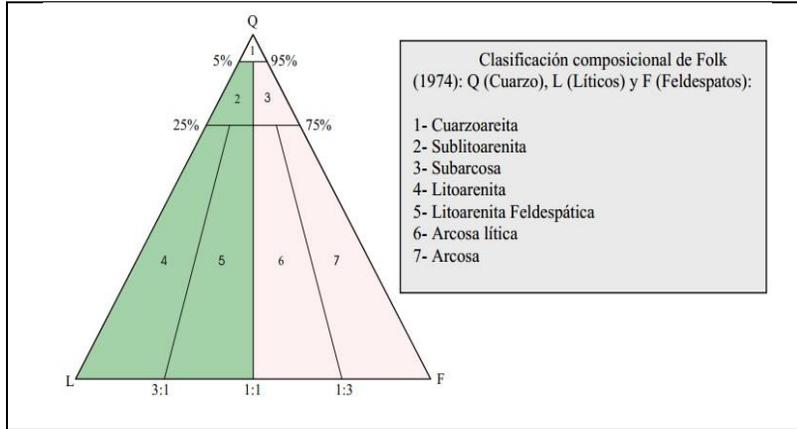


Figura 2.5-5 Clasificación composición de Folk, Fuente: SGC, 2001

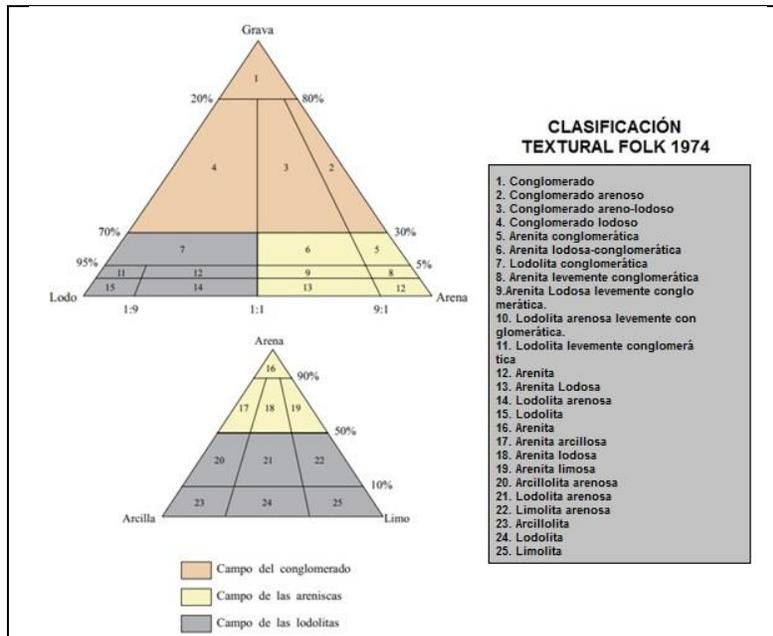


Figura 2.5-6 Clasificación textural de Folk 1974, Fuente: SGC, 2001

En lo relacionado con las rocas calcáreas, el SGC (2003), se recomienda utilizar la clasificación textural de Dunham (1962) (Figura 2.5-7).

Ibagué y Piedras (Tolima)

ROCAS CALCAREAS CON TEXTURA DEPOSITACION RECONOCIBLE				
COMPONENTES ORIGINALES NO LIGADOS DURANTE LA DEPOSITACION				COMPONENTES ORIGINALES LIGADOS DURANTE LA DEPOSITACION
CONTIENE LODO (Micrita)		NO CONTIENE LODO (Cemento esparítico)		
LODO - SOPORTADA		GRANO - SOPOORTADA		
< 10% DE GRANOS	> 10% DE GRANOS			
MUDSTONE	WACKESTONE	PACKESTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE

Figura 2.5-7 Clasificación textural de Dunhman 1962, Fuente: SGC, 2001

Por su parte la selección determina la distribución en el tamaño de grano y se calcula por carta de estimación visual de Pettijohn (SGC, 2003). La Figura 2.5-8 muestra el esquema utilizado para definir la selección de rocas sedimentarias.

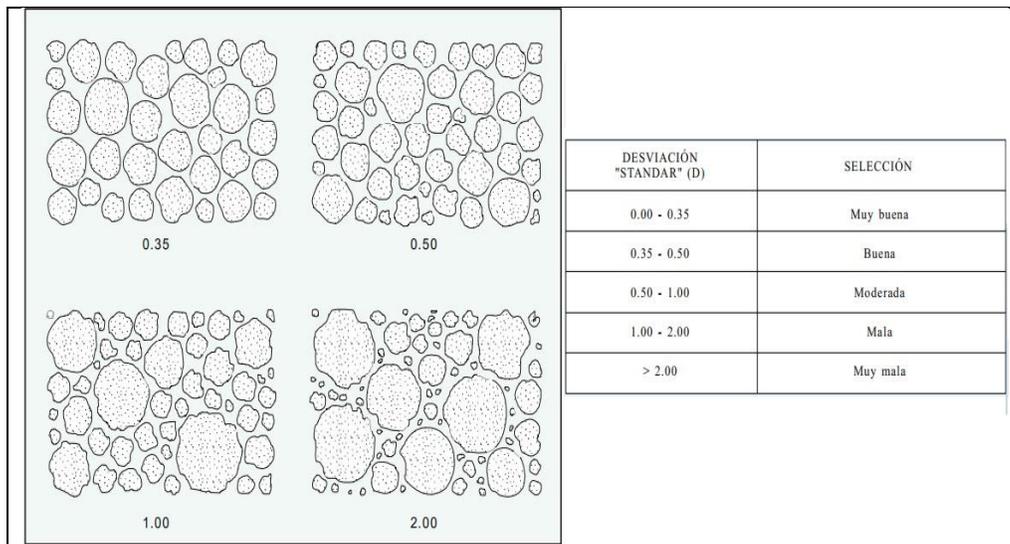


Figura 2.5-8 Tamaño de grano de acuerdo con la escala visual de Pettijohn, Fuente: SGC, 2001

La forma de granos comprende atributos que se refieren a la morfología de las partículas; dentro de estas características la redondez y la esfericidad puede ser fácilmente

observada a simple vista o con ayuda de una lupa. La redondez o angulosidad: definido como el promedio de los radios de las curvaturas que generan sus aristas, suele ser estimado mediante cartas de estimación visual de Powers (1953) (Ver Figura 2.5-9).

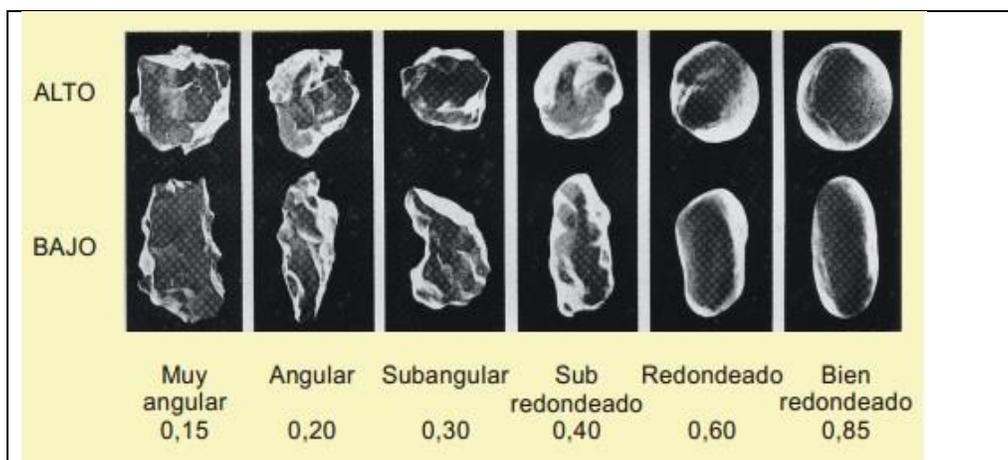


Figura 2.5-9 Redondez o angulosidad de granos, Fuente: SGC, 2001

La esfericidad: determina la forma del grano con respecto a la proximidad hacia una esfera. Se calcula cuantitativa de acuerdo Krumbein & Sloss, (1958) (Figura 2.5-10).

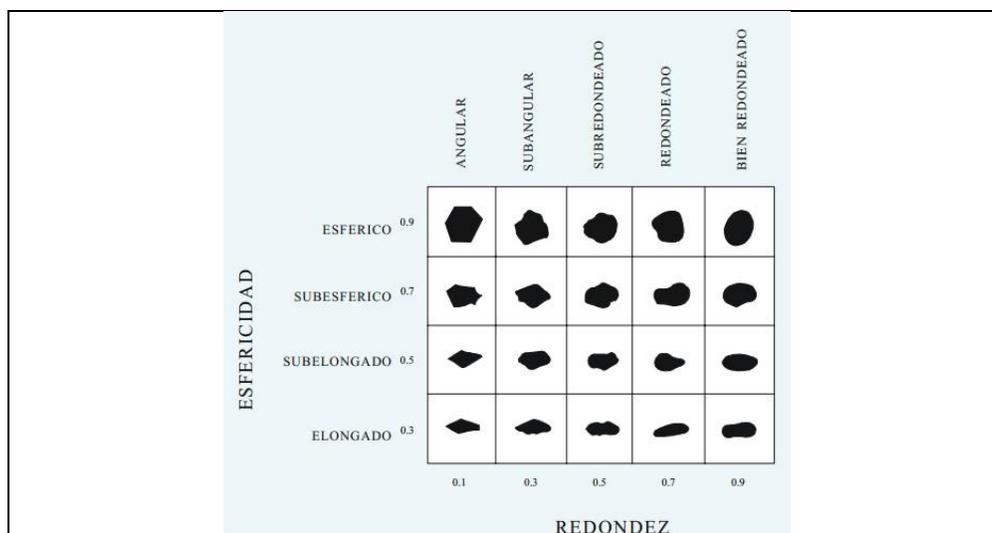


Figura 2.5-10 Esfericidad en las rocas sedimentarias, Fuente: SGC, 2001

### Perfiles de meteorización

El perfil de meteorización es un factor importante en la estabilidad de taludes en un suelo residual. Generalmente, los perfiles de los suelos residuales se componen de zonas de diferente meteorización que van desde el suelo propiamente dicho hasta la roca sana. Existen diferentes metodologías para la clasificación de los perfiles de meteorización: Deere y Patton (1971), Little (1969), Sowers (1963), Dearman (1974).

Para el área de estudio El grado de meteorización se clasificó de acuerdo con la correlación entre las metodologías propuesta por Dearman (1991), Deere y Patton (1971) (Ver Tabla 2.5-2).

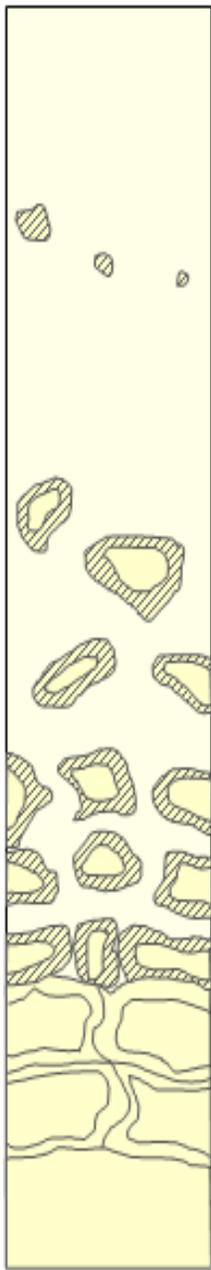
De acuerdo con la metodología de Dearman (1991), esta comprende seis grados de meteorización; el grado I corresponde a un material sano o rocas no meteorizadas y el grado VI a un material con aspecto de suelo, completamente descompuesto por meteorización in-situ (suelo residual).

La metodología de Deere y Patton (1971) consiste en una definición de I Suelo residual hasta III Roca No Meteorizada, iniciando con un horizonte IA, el cual corresponde a la primera extensión de suelo con un contenido de capa vegetal hasta llegar a la Roca Fresca.

**Tabla 2.5-2 Metodología de Deere y Patton (1971) Y Dearman (1974)**

DEERE Y PANTTON (1971)		DEARMANN (1974, 1991)		DESCRIPCIÓN CARACTERÍSTICAS DE CAMPO	PERFIL DE METEORIZACIÓN
ZONA		ZONA	GRADO		
I Suelo Residual	IA Horizonte A (Capa Vegetal)	Suelo residual	VI	<ol style="list-style-type: none"> <li>Las capas superiores ricas en materia orgánica, contienen humus y restos de raíces de plantas.</li> <li>Todo el material rocoso es convertido a suelo.</li> <li>La macrofábrica y la estructura original es completamente destruida. Suelo sin estructuras heredadas.</li> </ol>	
	IB Horizonte B				

Ibagué y Piedras (Tolima)

DEERE Y PANTTON (1971)		DEARMANN (1974, 1991)		DESCRIPCIÓN CARACTERÍSTICAS DE CAMPO	PERFIL DE METEORIZACIÓN
ZONA	ZONA	GRADO			
	IC Horizonte C (Saprolito)	Roca completamente meteorizada	V	<p>4. Roca decolorada, pasando generalmente a colores variados.</p> <p>5. Macizo rocoso completamente descompuesto y/o desintegrado a suelo, pero aún conserva algo de la macrofabrica original.</p> <p>6. Presencia de fragmentos rocosos entre 10% y 35%; fácilmente excavable y deleznable, ocasionalmente pueden recobrase núcleos. Suelos con estructuras heredadas.</p>	
II Roca Meteorizada	IIA Transición desde Saprolito hasta Roca meteorizada	Roca altamente meteorizada	IV	<p>7. Roca decolorada y altamente alterada, con más del 50% del material rocoso descompuesto o desintegrado a suelo.</p> <p>8. Fragmentos rocosos rompibles y desmenuzables sin ayuda del martillo.</p> <p>9. Las estructuras (planos de estratificación, foliación, diaclasas y fallas) se mantienen, en general se presentan oxidadas, abiertas, con o sin relleno.</p> <p>10. Saprolito con fragmentos pequeños de roca sin meteorizar entre 35% y 70%.</p> <p>11. La meteorización esferoidal es común.</p>	
	IIB Roca Parcialmente Meteorizada	Roca moderadamente meteorizada	III	<p>12. La roca se presenta altamente decolorada con notable meteorización, en el cual menos del 50% del material rocoso está descompuesto.</p>	

DEERE Y PANTTON (1971)		DEARMANN (1974, 1991)		DESCRIPCIÓN CARACTERÍSTICAS DE CAMPO	PERFIL DE METEORIZACIÓN
ZONA		ZONA	GRADO		
III Roca No Meteorizada	Roca Fresca	Roca débilmente meteorizada	II	<p><b>13.</b> Material rocoso rompible y excavable con ayuda del martillo y otras herramientas.</p> <p><b>14.</b> Las discontinuidades pueden estar oxidadas y abiertas, con o sin relleno.</p> <p><b>15.</b> Bloque o núcleos de roca mayor de 50% a 85%.</p>	
		Roca no meteorizada (roca fresca)	I	<p><b>16.</b> La roca puede estar decolorada en las superficies de las discontinuidades, las cuales pueden estar abiertas y oxidadas; la roca es dura resistente, excavable con ayuda de herramientas.</p> <p><b>17.</b> Roca fresca sin signos visibles de meteorización.</p> <p><b>18.</b> Las discontinuidades mayores pueden presentar ocasionalmente decoloración y oxidación.</p>	

Fuente: IBÁÑEZ D. Y CASTRO E., SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC), 2015.

### Rocas ígneas

Por su parte las rocas ígneas son aquellas formadas por la solidificación de magmas. Para la clasificación de estas rocas, el SGC (2003), recomienda utilizar la propuesta de Streckeisen (1976). Este autor clasifica estas rocas de acuerdo con su origen: Intrusivas y Volcánicas.

El término de rocas intrusivas aplica a aquellas rocas ígneas de textura fanerítica (rocas donde los minerales en los cuales los minerales pueden ser distinguidos a simple vista), que se han formado a una profundidad considerable. La clasificación modal de las rocas ígneas está basada en la abundancia relativa de los siguientes grupos de minerales:

- Q: Cuarzo

- A: Feldespatos alcalinos
- P: Plagioclasas
- F: Feldespatoides
- M: Minerales máficos y relacionados: micas, anfíboles, piroxenos, olivino, opacos.

De acuerdo con la información disponible puede ser utilizada la clasificación generalizada de Streckeisen (1976) (Figura 2.5-11).

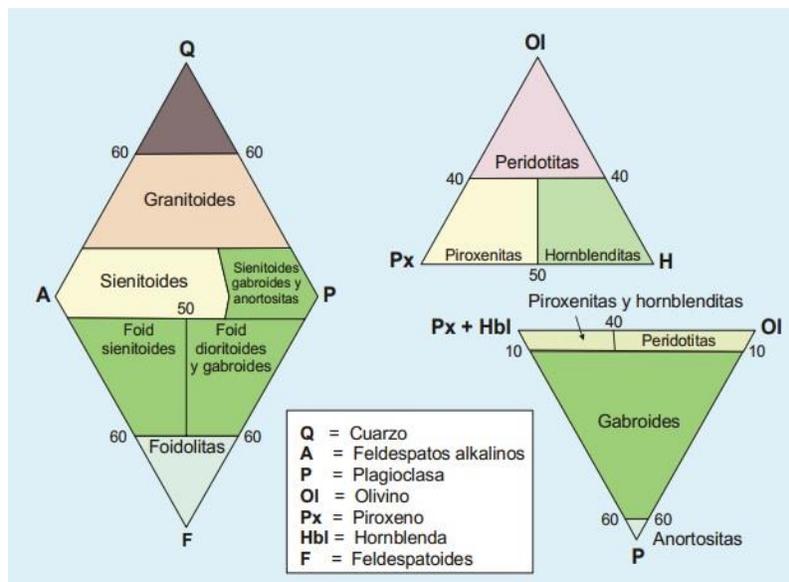


Figura 2.5-11 Clasificación generalizada de rocas intrusivas Fuente: SGC, 2003

Basados en estas agrupaciones de minerales, se establece una primera clasificación, representado por los porcentajes modales de los minerales en un diagrama formado por dos triángulos equiláteros unidos por uno de sus lados, en cuyos vértices se sitúan Q, A, P y F, debiendo cumplirse el requisito de que M tiene que ser menor que 90. De acuerdo con lo anterior se establecen así dos áreas, una superior delimitada en sus vértices por Q, A y P, y una segunda zona, delimitada por los vértices A, P y F (Figura 2.5-12).

Ibagué y Piedras (Tolima)

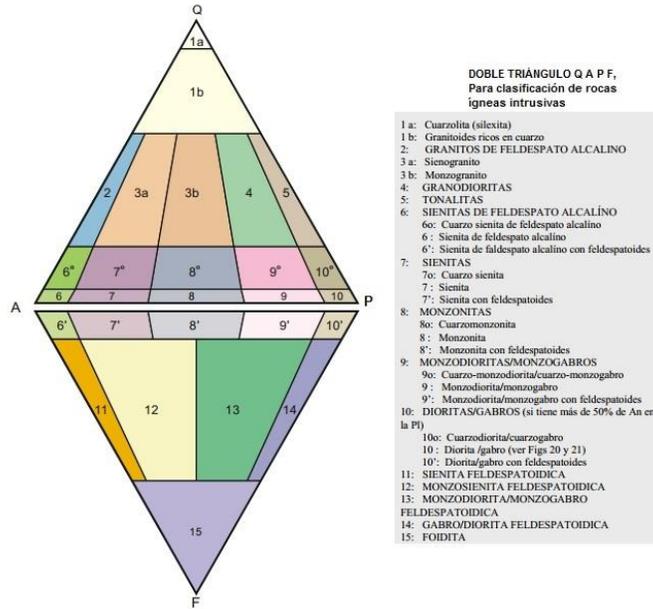


Figura 2.5-12 Doble triángulo QAPF según Streckeisen, 1976

Fuente: Streckeisen, 1976

✓ Dentro de esta clasificación, las rocas gabraicas tienen una clasificación específica en función de minerales máficos (Figura 2.5-13 a Figura 2.5-15).

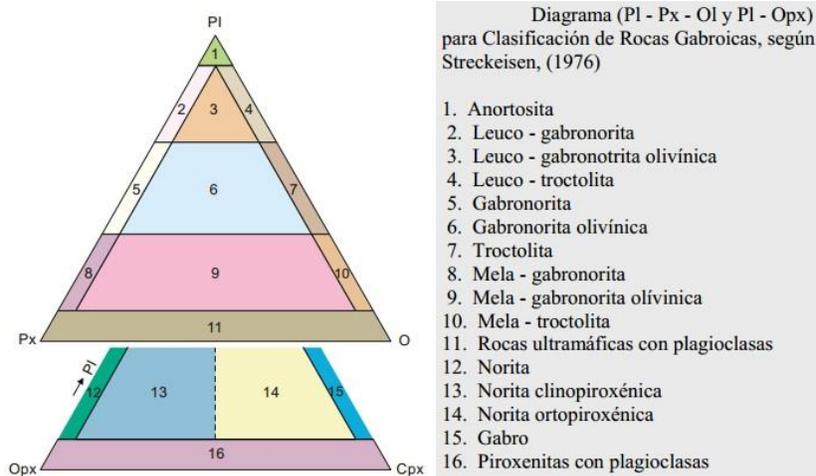


Figura 2.5-13 Diagrama PL-PX-OL y PL-OPX según Streckeisen, 1976

Fuente: Streckeisen, 1976

Ibagué y Piedras (Tolima)

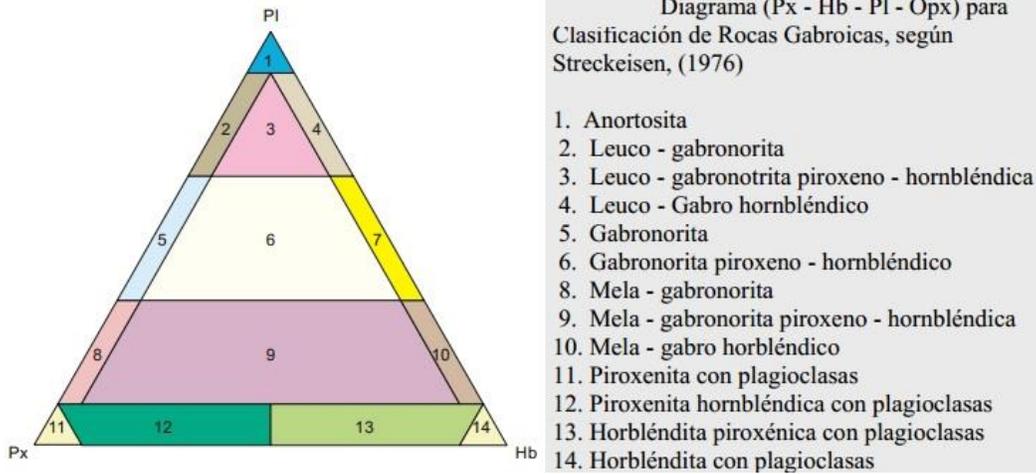


Figura 2.5-14 Diagrama PX-HB-PL-OPX según Streckeisen, 1976

Fuente: Streckeisen, 1976

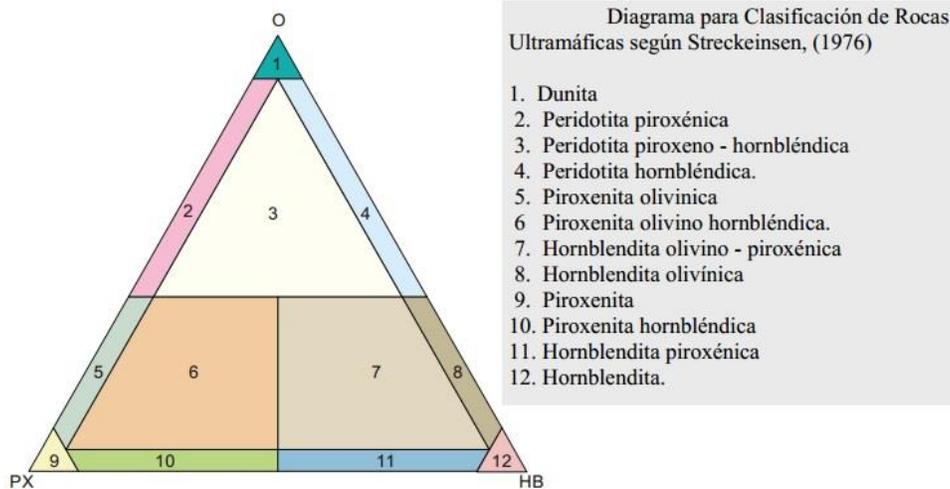


Figura 2.5-15 Diagrama O, PX, HB según Streckeisen, 1976

Fuente: Streckeisen, 1976

✓ Las rocas volcánicas son aquellas rocas de textura afanítica (los cristales individuales no pueden ser distinguidos a simple vista), que pueden contener vidrio y cuya formación está relacionada con la actividad volcánica. La Figura 2.5-16 muestra el diagrama para las rocas volcánicas efusivas, recomendado por el SGC, 2003.

Ibagué y Piedras (Tolima)

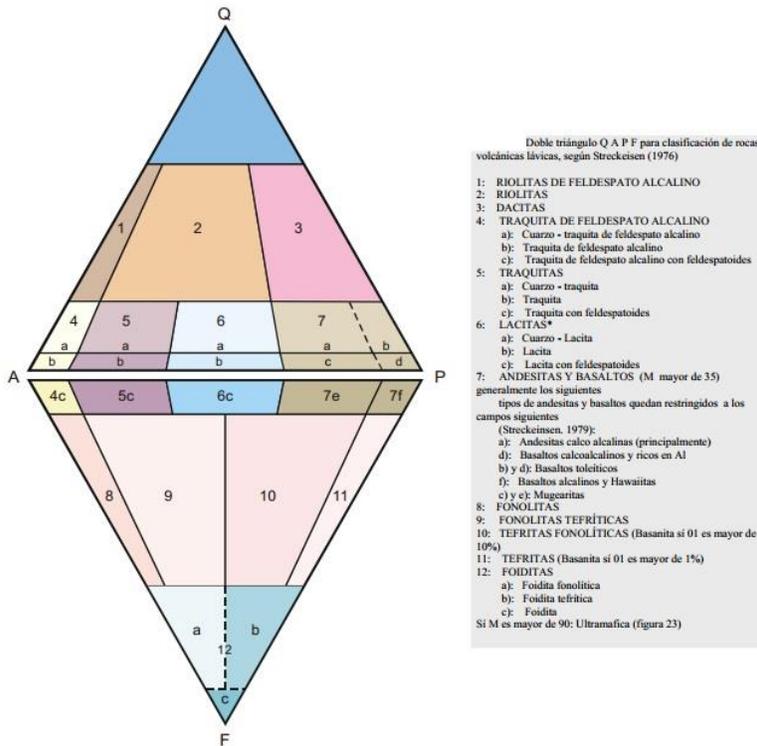


Figura 2.5-16 DOBLE TRIÁNGULO Q A P F PARA ROCAS VOLCÁNICAS

Fuente: Streckeisen, 1976

✓ Para rocas ígneas explosivas, la clasificación recomendada por el SGC, 2003, es la mostrada en la Tabla 2.5-3.

Tabla 2.5-3. Clasificación granulométrica de piroclastos y depósitos piroclásticos según SCHMID, 1981

Tamaño del clasto	Piroclasto	DEPÓSITO PIROCLÁSTICO	
		Principalmente inconsolidado: tefra	Principalmente consolidado: roca piroclástica
64 mm	Bomba, bloque	Aglomerado, capa de bloques o bombas, tefra de bloques	Aglomerado, brecha piroclástica
	Lapilli	Estrato, capa de lapilli o tefra de lapilli	Toba de lapilli
2 mm	Ceniza grano queso	Ceniza gruesa	Toba (ceniza) gruesa
1/16 mm	Ceniza grano fino (polvo)	Ceniza fina (polvo)	Toba fina (ceniza) (toba de polvo)

Fuente: Servicio Geológico Colombiano; 2003

### Rocas Metamórficas

✓ La clasificación de rocas metamórficas se realiza a través de tres parámetros: textura, composición y ocurrencia (Figura 2.5-17). Mediante las clases texturales se define el nombre de la roca (esquisto, milonita, hornfels, gneis, etc.). Mediante la clase química (asociaciones mineralógicas) se define el protolito. Mientras que por las facies metamórficas se definen las condiciones de presión y temperatura a la que se formó la roca. En la Figura 2.5-18 se presentan las clases de texturas para las rocas metamórficas. Mientras que a continuación se presenta las clases químicas de este tipo de rocas



Figura 2.5-17 clases texturas de las rocas metamórficas

Fuente: Servicio Geológico Colombiano; 2003



**Figura 2.5-18 clases químicas de las rocas metamórficas**

**Fuente: Servicio Geológico Colombiano; 2003**

✓ Las facies metamórficas están definidas en términos de temperatura y presión independientemente de composición y se denominan a través de un concepto que pertenezca a cierto grado de metamorfismo. Estas facies corresponden:

- Zeolitas
- Esquistos Verdes
- Esquistos Azules
- Anfibolitas
- Granulitas
- Eclogita

La Figura 2.5-19 muestra un diagrama para clasificación de rocas metamórficas

Ibagué y Piedras (Tolima)

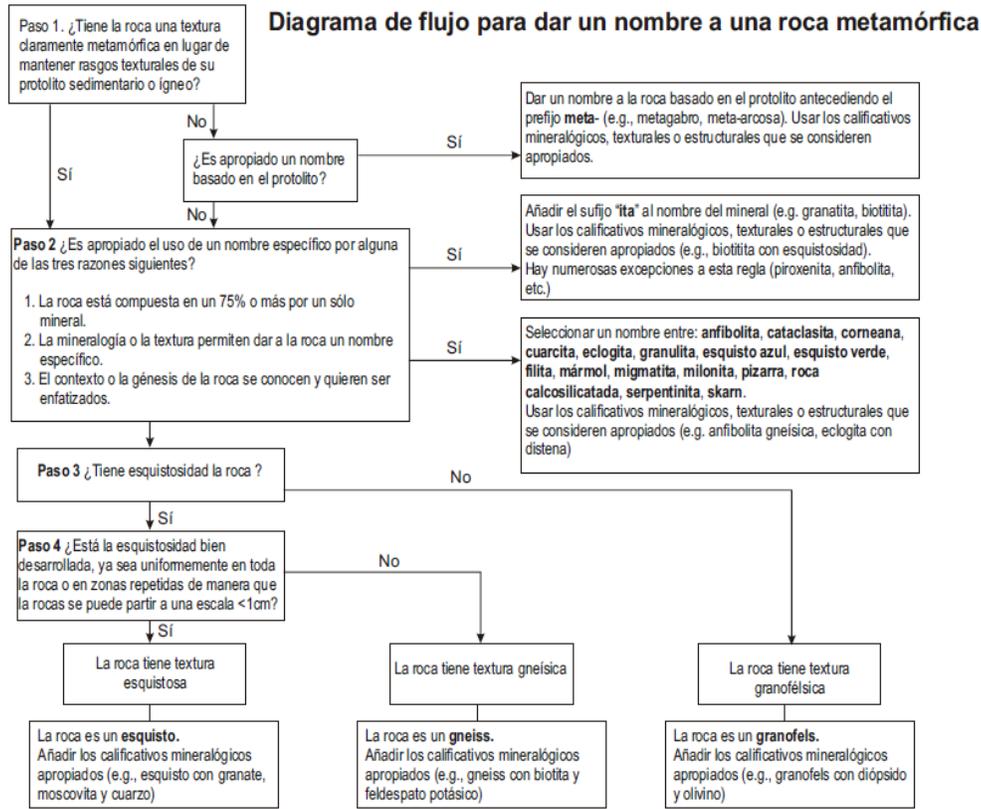


Figura 2.5-19 Diagrama de flujo para nombrar una roca metamórfica

Fuente: Servicio Geológico Colombiano; 2003

## Geología estructural

Durante el trabajo de campo para el componente de geología, es necesario la toma de información referente a la geología estructural. Dicha información corresponde a estratificación de las unidades de roca (ya sea ígnea o sedimentaria), foliación, esquistosidad, familias de diaclasas, presencia de fallas geológicas, zonas de cizalla y presencia de pliegues. La información debe tener en cuenta las siguientes características (Tabla 2.5-4).

**Tabla 2.5-4. Estructuras geológicas más importantes**

ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS PLANAR	DEFINICIÓN
Estratificación	Rasgo primario en rocas sedimentarias formado en el momento de la disposición, caracterizado por la composición, las variaciones texturales y el tamaño de grano. La orientación de estas estructuras primarias refleja la dirección de flujo de las corrientes que el depósito.
Estratificación ígnea primaria	Producida por la acumulación de cristales que se establecen a partir de un magma.
Foliación	Es un término general para todas las estructuras planares, que se desarrollan penetrativamente en las rocas. Las foliaciones primarias se han formado antes de la litificación de las rocas; mientras las foliaciones secundarias son el resultado posterior a la litificación de las rocas (diaclasas, fallas, esquistosidad)
Esquistosidad	Propiedad que presentan algunas rocas de romperse a lo largo de superficies aproximadamente paralelas. Tienen un origen tectónico.
Bandeado Néisico	Es un rasgo común de las rocas metamórficas de grano grueso como los neises. Esta foliación secundaria es una disposición en capas por la composición definida por la concentración de minerales particulares.

ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS PLANAR	DEFINICIÓN
Diaclasas	Son fracturas en rocas a lo largo de las cuales apenas o ningún movimiento ha tenido lugar. Aunque son producidas a causa tan sólo de una tensión tectónica menor, representan discontinuidades en la masa de la roca importantes en su comportamiento mecánico.
Falla	Una falla es una discontinuidad plana entre bloques de roca que se han desplazado uno con respecto a otro en una dirección paralela a la discontinuidad. El movimiento de las fallas produce algunas estructuras o rocas especiales: estrías, arrastres, brecha de falla, milonitas y diaclasas plumosas.
Zona de Falla	Es una región tabular que contiene muchas fallas paralelas o anastomosadas.
Zona de Cizalla	Es una zona a través del cual se han desplazado bloques de roca a modo de falla, pero sin desarrollo evidente de fallas visibles.
Pliegues	Es un producto de la deformación plástica, es decir una deformación sin fracturamiento o rompimiento.

Fuente: BARRADO, 2008

Esta información es tomada en la libreta de campo, para posteriormente ser analizada durante el desarrollo del informe de caracterización geológica para el área de estudio.

Para el componente geológico, se identificaron las unidades geológicas a intervenir, así como sus características estratigráficas y estructurales. Con el registro de cada unidad

geológica, se establecieron los límites para la definición del área de influencia para este componente.

Los puntos de control tomados en campo para la caracterización del componente geológico, se presentan a continuación en la Tabla 2.5-5 y Figura 2.5-20.

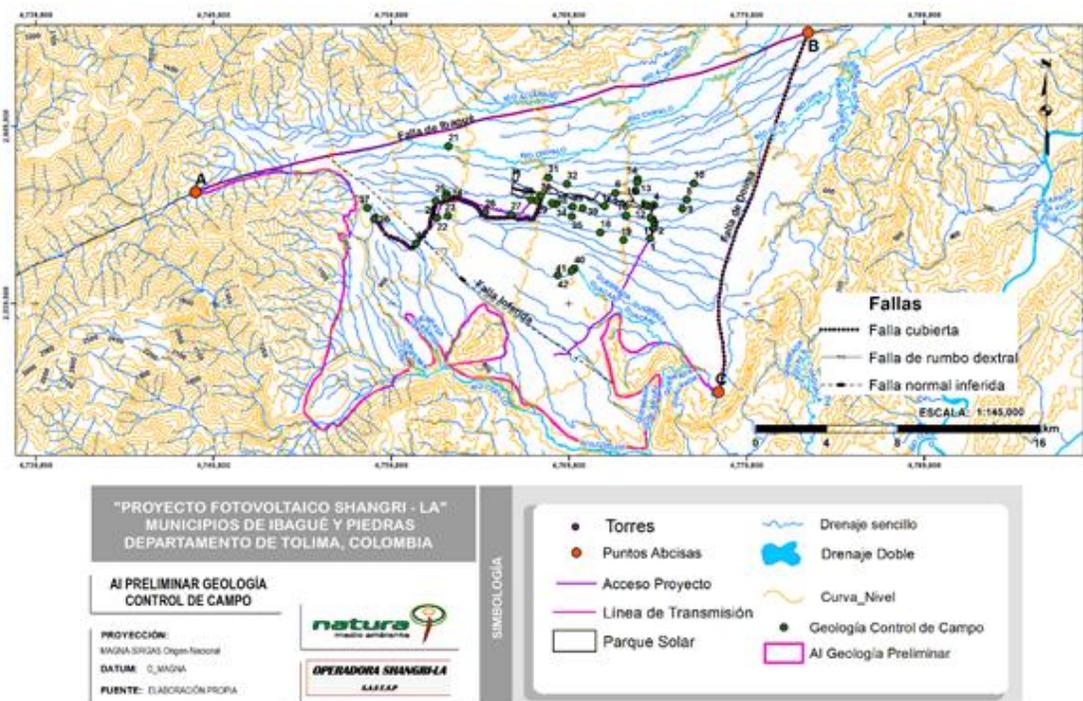


Figura 2.5-20 Puntos de control tomados para el componente geológico

Fuente: Natura Medio Ambiente, 2021

Tabla 2.5-5. Coordenadas de los puntos de control de campo para la caracterización del componente geológico

ESTACIÓN	COMPONENTE	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
1	Geología	4774361	2043594	Se observa cauces aluviales sobre la unidad cono lahárico (Vcl)
2	Geología	4774566	2044179	Control de la unidad Abanico de Ibagué (Qai)

Ibagué y Piedras (Tolima)

ESTACIÓ N	COMPONENTE	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
3	Geología	4774550	2044152	Se observa cauces aluviales sobre la unidad cono lahárico (Vcl)
4	Geología	4774594	2045458	Se anexa formato FUNIAS
5	Geología	4774402	2045408	Se anexa formato FUNIAS
6	Geología	4772419	2046154	Se anexa formato FUNIAS
7	Geología	4774380	2044748	No se cuenta con información alguna debido a que no se encontraba nadie en la zona.
8	Geología	4776420	2045782	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
9	Geología	4776193	2045259	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
10	Geología	4776837	2046689	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
11	Geología	4774578	2044513	Identificación de inicio de procesos erosivos
12	Geología	4774132	2045457	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
13	Geología	4773554	2046260	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
14	Geología	4773659	2046937	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
15	Geología	4773643	2046751	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
16	Geología	4772992	2044878	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
17	Geología	4771797	2045406	No se cuenta con información alguna debido a que no se encontraba nadie en la zona.
18	Geología	4771564	2043916	Punto de verificación. No presenta inconvenientes con relación a los componentes
19	Geología	4772881	2043490	
20	Geología	4762295	2045709	Se observa cauces aluviales sobre la unidad cono lahárico (Vcl)
21	Geología	4763012	2048787	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
22	Geología	4762377	2044739	Control geoforma cono lahárico (Vcl)

Ibagué y Piedras (Tolima)

ESTACIÓN N	COMPONENTE	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
23	Geología	4762972	2044860	Surcos sobre la unidad geomorfológica producto de escorrentía
24	Geología	4762911	2046116	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
25	Geología	4762869	2045913	Control geoforma cono lahático (Vcl)
26	Geología	4765074	2045083	Control geoforma cono lahático (Vcl)
27	Geología	4766526	2044938	Control geoforma cono lahático (Vcl)
28	Geología	4767677	2045778	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
29	Geología	4767988	2045698	Se anexa formato FUNIAS
30	Geología	4768218	2045992	Control geoforma cono lahático (Vcl)
31	Geología	4768627	2047027	Control geoforma cono lahático (Vcl)
32	Geología	4769678	2046661	Control geoforma cono lahático (Vcl)
33	Geología	4769993	2045377	Control geoforma cono lahático (Vcl)
34	Geología	4769073	2045531	Control geoforma cono lahático (Vcl)
35	Geología	4769959	2044828	No se cuenta con información alguna debido a que las personas que se encontraban cerca no conocían las características del pozo
36	Geología	4758829	2044672	Punto de verificación. No presenta inconvenientes con relación a los componentes
37	Geología	4758445	2045296	Control geoforma flujo lahático aterrazados (Vfla)
38	Geología	4768835	2045573	Vía de acceso en mal estado
39	Geología	4770563	2045275	Vía de acceso en mal estado. Cruce planeado de la vía sobre drenaje se encuentra a una altura mayor a 10 metros.
40	Geología	4770111	2041889	No se cuenta con información alguna debido a que las personas que se encontraban cerca no conocían las características del pozo

ESTACIÓN	COMPONENTE	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
41	Geología	4769943	2041747	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
42	Geología	4769174	2041496	Control geoforma como lahárico (Vcl)
43	Geología	4761188	2043290	Procesos erosivos sobre subunidad Vfla

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

Algunas de las fotografías tomadas para la caracterización del componente geológico se presentan a continuación (Figura 2.5-21, Figura 2.5-22, Figura 2.5-23).



**Figura 2.5-21 Puntos de control tomados para la caracterización del componente geológico: Abanico de Ibagué**

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

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 2.5-22 Puntos de control tomados para la caracterización geológica del área de estudio**

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



**Figura 2.5-23 Puntos de control tomados para la caracterización del componente geológico**

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

### 2.5.3.1.3 Fase de post campo

La fase de postcampo consiste en el análisis de información y preparación del informe. Se reunirá la información de forma estructurada y organizada para de esta manera analizar y elaborar el documento de línea base para el capítulo de geología de acuerdo

con los requerimientos de los términos de referencia para de sistemas de uso de energía solar fotovoltaica y transmisión de energía eléctrica.

Dentro del área de influencia del componente geológico se debe entregar la siguiente información:

- Cartografía geológica general ajustada del proyecto a escala 1:10.000, con perfiles geológicos y una columna estratigráfica
- Documento de caracterización geológica del proyecto que contiene descripción de las unidades geológicas, presencia de estructuras.
- Identificación de las zonas de amenazas naturales como remoción en masa, sísmica, erosión, volcánica, incendios, inundaciones, entre otras.
- Establecimiento del grado de meteorización de las unidades geológicas presentes en el área de estudio de acuerdo con la metodología establecida.

### 2.5.3.2 Geomorfología

---

La metodología utilizada para la caracterización del componente geomorfológico fue la recomendada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en su publicación: "Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (2018). Las fuentes de información oficiales consultadas para el desarrollo del capítulo de geomorfología corresponden al SGC, IDEAM. Las publicaciones del Servicio Geológico Colombiano consultadas fueron: la "Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geomorfológica para zonificación geomecánica 2001", la "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 2004 y 2012", la "Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa-2016. Finalmente, la publicación del IDEAM consultada fue la "Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000, 2013".

A partir del análisis preliminar de la anterior información, se definieron los siguientes elementos presentes en el área de influencia del componente geomorfológico:

4. Definición de las unidades geomorfológicas.
5. Identificación de las pendientes predominantes.
6. Identificación de amenazas sísmicas y/o fenómenos de remoción en masa.
7. Fisiografía e hidrografía en la zona.
8. Zonas de erosión existentes.
9. Definición preliminar de recorridos para el reconocimiento geomorfológico del área de estudio

Este componente fue realizado en tres etapas claramente diferenciables: etapa de precampo, etapa de campo y etapa de post campo.

#### 2.5.3.2.1 Fase de precampo

Con base a la información secundaria recopilada se inicia la fase precampo, de tal modo que se analiza de forma detallada todo tipo de información geomorfológica que puede ser utilizada para la caracterización ambiental del área de estudio. A partir de esta información, se generan los mapas preliminares para el componente geomorfológico (mapa de unidades geomorfológicas preliminares, mapa de pendientes, mapa de procesos morfodinámicos a partir de imágenes satelitales disponibles), los cuales son llevados a campo, para validar aspectos como: características de las unidades geomorfológicas, rango de pendientes, densidad de drenaje, relieve relativo, geoformas inconsolidadas.

La cartografía geomorfológica preliminar del área de estudio se realizó sobre la base de las planchas geológicas 244 y 245 realizadas por el Servicio Geológico Colombiano a escala 1:100.000. Se consultaron las imágenes satelitales disponibles en la plataforma de Google Earth, donde por cambios de relieve fue posible establecer el límite de unidades geomorfológicas. Esta información fue complementada con el mapa de pendientes

preliminar elaborado a partir del modelo de elevación digital del terreno. Con esta información preliminar, se realiza una planificación del trabajo de campo.

Las actividades para dicha planificación se mencionan a continuación:

- Mapa de pendientes preliminar, elaborado a partir del modelo de elevación digital del terreno mediante el software ArcGIS 10.2.
- Análisis de las imágenes satelitales disponibles en Google Earth, donde se registran las geoformas del terreno y procesos geomorfológicos, adicionalmente es de gran ayuda en la elección de rutas a seguir y sitios claves a visitar. El procedimiento de levantamiento geomorfológico consiste en la interpretación y mapeado provisional de unidades geomorfológicas y otra información relevante, tal como sistemas de drenaje, datos estructurales, infraestructura vial, cultivos, asentamientos, entre otros. Como resultado final se obtuvo la delineación de las unidades geomorfológicas mayores, a partir del trazado de formas del relieve individuales y el inventario multitemporal de eventos de erosión y/o fenómenos de remoción en masa.

### **Jerarquización geomorfológica**

La jerarquía de unidades o categorías geomorfológicas tiene una estrecha relación con la escala de trabajo definida para un determinado proyecto. Esta jerarquización debe permitir el análisis de la evolución geomorfológica y geológica de la zona y se realiza teniendo en cuenta parámetros como la morfogénesis, morfometría y la morfodinámica. A su vez, la caracterización de las geoformas se logra identificando y describiendo las unidades geomorfológicas a través de la interpretación del relieve, interpretación que se genera a partir de factores geométricos, hipsométricos, litológicos, tectónicos, estructurales, climáticos y de usos del suelo, donde además entra la modelación que el hombre da a su entorno de acuerdo con sus necesidades y su cultura.

El esquema de jerarquización geomorfológica utilizado para el presente proyecto se muestra a continuación. Este esquema se divide en geomorfoestructura, provincia, región, unidad, subunidad y componente (Figura 2.5-24).

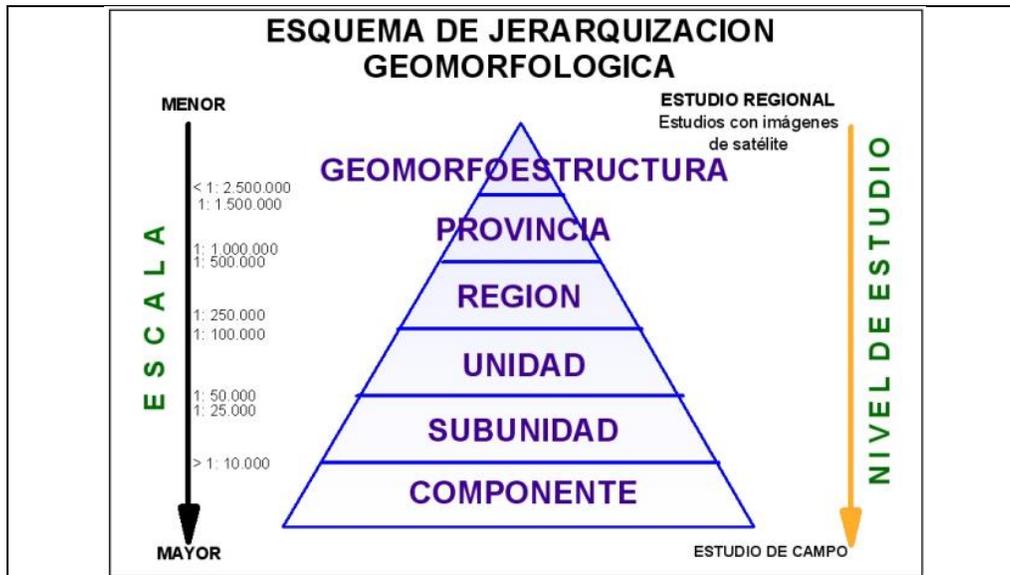


Figura 2.5-24 Esquema de jerarquización geomorfológica utilizada de acuerdo con la escala de trabajo, Fuente: SGC, 2001

La geomorfoestructura está asociada a estudios de espacios continentales o intercontinentales caracterizados por estructuras geológicas y topográficas, regionales que han tenido deformación o basculamiento y posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea, con una escala de trabajo de 1:2.500.000 a 1:1.500.000.

La provincia geomorfológica corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente se relacionan con las regiones naturales y con terrenos geológicos de Colombia los cuales están delimitados por el trazo de mega fracturas y suturas definidas e inferidas. Se encuentra asociada con escalas de trabajo entre 1:1.000.000 y 1:500.000 para estudios de fases nacionales generales y regionales.

La región geomorfológica es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente. Están definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomorfológicos parecidos. La escala de trabajo está definida entre 1:250.000 y 1:500.000.

La unidad geomorfológica se propone como la unidad básica de la cartografía geomorfológica. El termino unidad geomorfológica se define como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomorfológico construccional o denudacional (destruccional) (acumulación o erosión), característico de un ambiente morfogenético dado. Está determinada con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala de trabajo propuesta de 1:50.000 a 1:100.000.

La subunidad geomorfológica corresponde a una subdivisión de las unidades geomorfológicas. Está determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relaciona el tipo de material o la disposición estructural de los mismos, con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos. La escala de trabajo está definida entre 1:10.000 y 1:25.000.

El componente geomorfológico, es definido para escalas de trabajo con resolución entre 1:10.000 y 1:2.000. Para este caso se emplean diferencias y contrastes morfométricos producto de rasgos que la resistencia relativa de las unidades rocosas presenta a la interacción de los elementos degradadores del paisaje o son el producto de diversos tipos de eventos depositacionales en ambientes que acumulan los materiales que han sido transportados por fluidos (agua, aire, tierra, escombros, hielo).

Para el presente estudio se llega hasta analizar el componente geomorfológico, debido a la escala de trabajo 1:10.000. La subunidad geomorfológica debe caracterizarse teniendo en cuenta aspectos como: morfogénesis, morfología, morfodinámica, morfometría, morfoestructura y morfocronología (Tabla 2.5-6)

**Tabla 2.5-6 Aspectos para tener en cuenta para la caracterización del componente geomorfológico**

CATEGORIZACIÓN	DEFINICIÓN	EJEMPLOS
<b>MORFOGÉNESIS</b>	Estudia el origen y evolución de las formas del terreno	Dique aluvial, cono volcánico, escarpe de línea de falla, entre otros.
<b>MORFOLOGÍA</b>	Trata de la apariencia y forma del relieve en general.	Colinas bajas, escarpe, terrazas, entre otros.
<b>MORFODINÁMICA</b>	Trata de los procesos activos en el presente o aquellos, que se pueden activar en el futuro	Movilidad fluvial, socavación lateral, fenómenos de remoción en masa, corrientes de dunas de arena.
<b>MORFOMETRÍA</b>	Trata de los aspectos cuantitativos de las geoformas. Medidas, dimensiones, valores	Inclinación de la pendiente, altura relativa, altura absoluta, ancho, alto, profundidad.
<b>MORFOESTRUCTURA</b>	Referida a la disposición, composición y dinámica interna de la tierra.	Pasiva y activa. La pasiva se relaciona con las características de los materiales involucrados y su disposición estructural. La activa se relaciona con la dinámica endógena.
<b>MORFOCRONOLOGÍA</b>	Edad relativa o absoluta de cada una de las geoformas del terreno.	Geoformas recientes y aquellas heredadas de periodos anteriores, cuando prevalecían condiciones geológicas o climáticas distintas a las actuales.

Fuente: SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, 2011

### Metodología para la elaboración del mapa geomorfológico

La elaboración de la cartografía geomorfológica está enfocada a proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno y los procesos geomorfológicos que actúan sobre ellas. En este sentido, los mapas geomorfológicos son herramientas útiles que brindan conocimiento básico del terreno y permiten estructurar toda la información temática, enfocada a definir el comportamiento de los terrenos con aplicaciones diferentes, tales como evaluación de amenazas naturales. Existen tres clases de mapas geomorfológicos: analíticos, sintéticos y pragmáticos. Las características de cada tipo de mapa se presentan a continuación (Tabla 2.5-7).

Tabla 2.5-7 Clases de mapas geomorfológicos

CLASES DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS	CARACTERÍSTICAS DE LOS MAPAS
<b>Mapas geomorfológicos analíticos</b>	Estos mapas brindan información sobre formas del relieve y procesos con énfasis en la morfogénesis y la morfocronología. Incluyen información geológica (litológica y estructural). Estos mapas se constituyen en los mapas geomorfológicos básicos conteniendo información sobre: Morfogénesis, Morfología, Morfometría, Morfocronología y Morfoestructura.
<b>Mapas geomorfológicos sintéticos</b>	Estos mapas ofrecen información general del terreno con base en estudios multidisciplinarios. En este sentido toman la información proporcionada por los mapas geomorfológicos analíticos y la relacionan con otros factores del paisaje como clima, suelos, hidrología y vegetación. Dentro de estos mapas se cuenta con información de perfiles de meteorización, tipo de suelo, propiedades mecánicas de los materiales.
<b>Mapas geomorfológicos pragmáticos</b>	Son los mapas producto de investigación geomorfológica con un propósito definido por ejemplo evaluación de amenazas y riesgos naturales o planificación territorial. Estos mapas reúnen la información consignada en los mapas geomorfológicos sintéticos y analíticos.

**Fuente: SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, 2011**

Para el "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO SHANGRI-LA", se adopta la elaboración del mapa geomorfológico analítico. Un mapa geomorfológico analítico, tiene en cuenta información referente a: la morfogénesis, la morfometría (pendientes) y la morfoestructura (litología). La morfogénesis se representa en forma de unidades geomorfológicas, si esta es cartografiable a la escala de estudio dada, o por medio de símbolos lineales adimensionales si las formas son demasiado pequeñas. Estas unidades por ser el más alto nivel del sistema cartográfico, van coloreadas de acuerdo al ambiente morfogenético principal así: las formas de origen morfoestructural de color púrpura; la formas de origen volcánico de color rojo; las formas de origen denudacional de color rosado; las formas de origen fluvial y lagunar de color azul; la formas de origen costero y marino de color verde; las formas de origen glacial y periglacial de color gris; las formas de origen kárstico de color naranja y la formas de origen antropogénico/biológico de color negro<sup>5</sup>.

La elaboración del mapa geomorfológico del presente proyecto se hizo con base en los lineamientos generales propuestos por el SGC, 2011, en el marco de la estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Fue utilizada además la guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos del IDEAM (2013)<sup>6</sup>. De acuerdo con estas dos guías técnicas, las fases para la elaboración del mapa geomorfológico de la zona de estudio, tiene que ver con:

- Selección de la información básica
- Constitución de la base de datos
- Procesamiento digital de imágenes
- Fotointerpretación básica

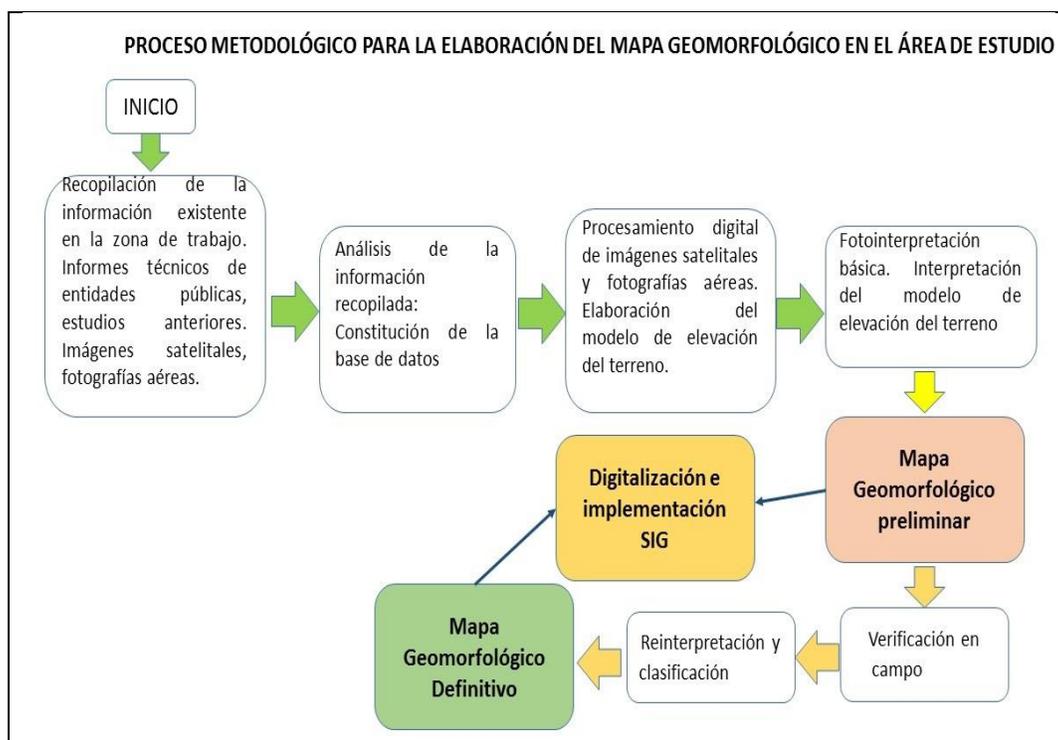
---

<sup>5</sup> Servicio Geológico Colombiano. Propuesta de estandarización de las unidades geomorfológicas para Colombia. 2011

<sup>6</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos. 2013

- Verificación en campo
- Reinterpretación y clasificación final.
- Elaboración del mapa geomorfológico

La siguiente figura, muestra el proceso metodológico seguido para la elaboración del mapa geomorfológico del presente proyecto (Figura 2.5-25).



**Figura 2.5-25 Proceso metodológico para la elaboración del mapa geomorfológico en el área de estudio.**

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

El primer paso en la elaboración del mapa geomorfológico para el área de estudio consistió en la búsqueda y recopilación de información existente, tal como informes técnicos de entidades públicas (IDEAM, IGAC, SGC, POT del municipio de Tolima y EOT del municipio de Piedras), estudios ambientales anteriores realizado en el área de

estudio; además de cartografía base (drenajes, vías, curvas de nivel), imágenes satelitales e información disponible en Google Earth.

El segundo paso se refiere a la constitución de la base de datos, mediante el análisis de la información recopilada. Para esto, fue necesario estructurar toda la información recopilada en una plataforma SIG, con el fin de dar cumplimiento a los lineamientos de los términos de referencia.

El tercer paso contempla el procesamiento digital de los sensores remotos, entendido como imágenes satelitales, modelos de elevación del terreno y fotografías aéreas. Esta etapa permite la identificación de elementos geomorfológicos en una zona determinada. Mediante la plataforma ARCGIS 10.2 es posible a partir de los modelos de elevación del terreno, crear modelos de sombras multidireccionales, modelos de pendientes y modelos de aspecto que son útiles para representar las características topográficas del relieve. Este proceso se realizó con el fin de conocer y delimitar las geoformas macro de acuerdo con su ambiente morfogenético, que para nuestro caso preciso se trata de un ambiente denudacional y acumulativo. Una vez finalizada dicha etapa, esta información fue georreferenciada y trasladada a las planchas topográficas de la zona de estudio.

El cuarto paso consistió en la fotointerpretación básica, entendida como la interpretación de fotografías. Dicho análisis aporta información de tipo multitemporal, útil en zonas con intervención antrópica y procesos morfodinámicos muy activos. Para esta etapa fueron utilizadas imágenes disponibles de la plataforma de Google Earth y la imagen satelital del proyecto.

La quinta etapa contempló lo relacionado con el trabajo de campo efectuado en el área de estudio, en donde el propósito de dicha labor fue el de corroborar las geoformas definidas previamente en el trabajo de oficina, así como la obtención de datos e información complementaria de los contrastes morfométricos, litológicos y procesos actuales. Esta labor se hizo a lo largo de toda el área de influencia del proyecto, buscando vistas panorámicas del territorio y la visita de puntos de control específicos, para la toma

de datos detallados. La metodología seguida para dar cumplimiento a esta etapa se muestra en la fase de campo para el componente geomorfológico.

La sexta etapa se enmarca con la reinterpretación y clasificación de lo analizado en las cuatro primeras etapas y la verificación en campo. Dentro de esta fase se incluye el ajuste de los límites de las unidades cartografiadas y la revisión de las características de los componentes geomorfológicos.

La última etapa consistió en la elaboración del mapa geomorfológico definitivo. Es importante mencionar, que el mapa geomorfológico fue elaborado de acuerdo con la jerarquización geomorfológica definida para el área de estudio, la cual se encuentra relacionada con la escala de trabajo. De acuerdo con esto, el nivel de detalle obtenido corresponde al componente geomorfológico (escala de trabajo 1:25.000).

### **Morfodinámica**

Para lo relacionado con la morfodinámica se realiza la caracterización del área mediante la recopilación de los puntos referentes a procesos de remoción en masa y erosivos (erosión laminar, erosión en surcos, erosión en barrancos y erosión en cárcavas), referenciados como estaciones de campo. Para la obtención del mapa de procesos morfodinámicos del área de estudio, se tuvo en cuenta la metodología propuesta por González, 2006, la cual fue adaptada según los requerimientos y alcances del presente estudio. Esta metodología relaciona los pasos que se deben seguir para la realización de un mapa de procesos morfodinámicos, Figura 2.5-26.

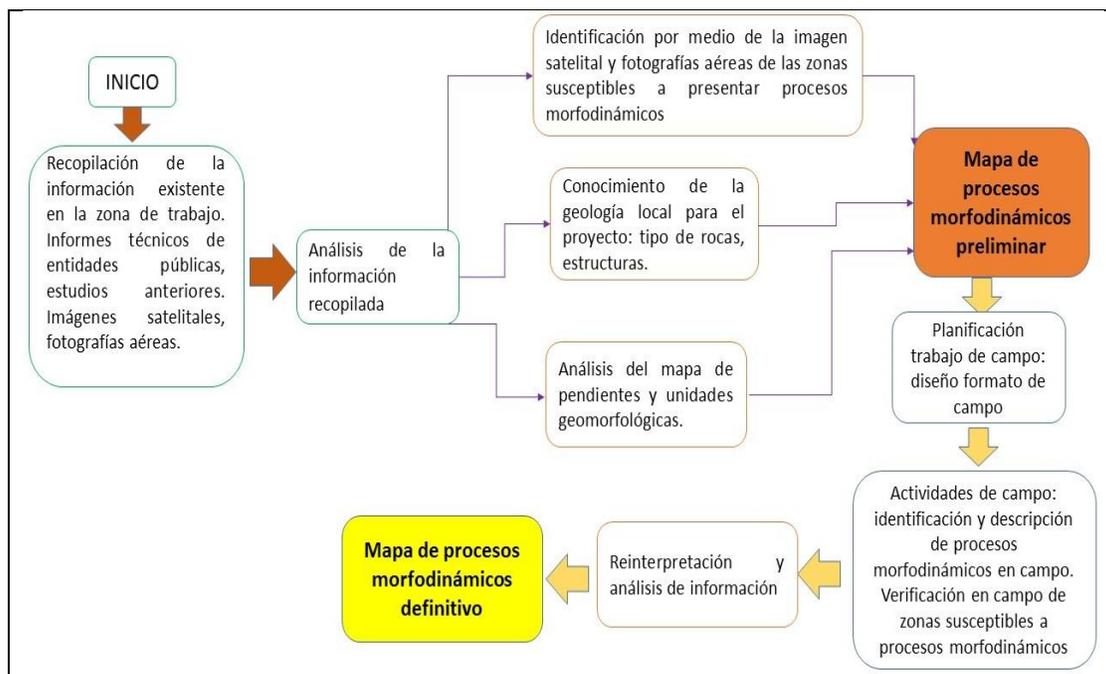


Figura 2.5-26 Proceso metodológico para la elaboración del mapa de procesos morfodinámicos,

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

La primera parte consistió en la interpretación de la imagen satelital del proyecto, enfocado hacia la determinación de procesos morfodinámicos, mediante el software ARCGIS 10.2. Dentro de esta etapa se encuentra, además, la interpretación del mapa de pendientes, elaborado a partir del modelo de elevación del terreno.

La segunda etapa, consistió en la verificación y/o registro de los procesos morfodinámicos, clasificados por erosión y fenómenos de remoción en masa (trabajo de campo). La tercera etapa, se relaciona con la reinterpretación y clasificación definitiva de los procesos morfodinámicos, a partir de la información previa y la recolectada durante las labores de campo. Logrando así la construcción del mapa definitivo de procesos morfodinámicos. Es importante tener en cuenta las definiciones de los procesos morfodinámicos más comunes. Estas definiciones se presentan a continuación (Tabla 2.5-8).

Tabla 2.5-8 Definición de los principales procesos morfodinámicos

TIPO DE PROCESO	DEFINICIÓN
<b>DESGLIZAMIENTOS</b>	<p>Corresponden a 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. Los deslizamientos se pueden clasificar en: deslizamiento rotacional y traslacional. En el <b>deslizamiento rotacional</b> 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. Por su parte en los <b>deslizamientos traslacionales</b> la rotura tiene lugar a favor de superficies planas de debilidad preexistentes (como superficie de estratificación, contacto entre diferentes tipos de materiales, superficie estructural). En ocasiones el plano de rotura es una fina capa de material arcilloso entre estratos de material de mayor competencia.</p>
<b>CAÍDA DE ROCAS Y/O DETRITOS</b>	<p>Corresponden a caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas de tracción, diaclasas). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y, en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuña y en bloques</p>
<b>VOLCAMIENTO</b>	<p>Los vuelcos de estratos o de fragmentos de masas rocosas se pueden incluir dentro de los desprendimientos. Se producen cuando los estratos buzcan en sentido contrario a la ladera, por estar fracturados en bloques o por rotura de la zona de pie de la ladera (González, 2006).</p>
<b>FLUJOS</b>	<p>Los flujos o coladas son movimientos de masa de suelo (flujo de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubio) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material está disgregado y se comporta como un fluido, sufriendo una</p>

TIPO DE PROCESO	DEFINICIÓN
	deformación continua, sin presentar superficies de roturas definidas. Los flujos se pueden clasificar en: flujos de escombros, detritos y de lodo.
<b>SOLIFLUXIÓN</b>	<p>Es un movimiento producido por los procesos hielo-deshielo que, por los cambios de temperatura diarios o estacionales, afecta al agua contenida en los suelos finos en regiones frías. La solifluxión o flujo del suelo en el ámbito tropical se aplica desplazamientos que afectan masas lodosas y saturadas de agua sobre una superficie estable y de baja permeabilidad. Por lo general este evento ocurre en zonas de clima frío, con laderas pendientes y en las que la hay un evidente predominio de gramíneas en la cobertura vegetal.</p> <p>El término también se aplica a los taludes empinados conformados por secuencias litológicas con fuertes contrastes en competencia; alternancias de lodolitas potentes con delgadas intercalaciones de arcillolitas o lodolitas síliceas (chert, plaeners o liditas). Los estratos exhiben una elevada inclinación cuyo ángulo va en contra de la dirección de la pendiente. Bajo estas condiciones la porción más superficial de la pila sedimentaria presenta un desplazamiento pendiente abajo conformando un pequeño arco.</p>
<b>REPTACIÓN</b>	Es un movimiento superficial (unos decímetros) muy lento, prácticamente imperceptible, que afecta a suelos y materiales alterados provocando deformaciones continuas que se manifiestan al cabo del tiempo en la inclinación o falta de alineación de árboles, vallas, muros, postes, entre otros
<b>EROSIÓN LAMINAR:</b>	Es un proceso erosivo desencadenado por el escurrimiento de las aguas pluviales por superficies inclinadas de gran pendiente, siendo su accionar imperceptible. Se trata de la pérdida de una capa delgada más o menos uniforme de suelo, que tiene lugar cuando la intensidad de la precipitación excede la infiltración o bien cuando el suelo se satura de agua, lo que da lugar a un exceso de agua en superficie (Ochoa, 2011).
<b>EROSIÓN EN SURCOS</b>	La erosión en surcos ocurre cuando el flujo superficial, empieza a concentrarse sobre la superficie del terreno, debido a la irregularidad natural de la superficie. Al concentrarse el flujo en pequeñas corrientes

TIPO DE PROCESO	DEFINICIÓN
	sobre una pendiente, se genera una concentración del flujo el cual por la fuerza tractiva de la corriente produce erosión, formándose pequeños surcos o canales. La profundidad de los canales formados es menor a 0,50 m
<b>EROSIÓN EN BARRANCOS</b>	La erosión en barrancos ocurre cuando el flujo superficial, empieza a concentrarse sobre la superficie del terreno, debido a la irregularidad natural de la superficie. Consiste en una etapa avanzada de la erosión en surcos. La profundidad de los canales formados oscila entre 0,51 m hasta 1,50 m. (Ochoa, 2011).
<b>CÁRCAVAS</b>	Son barrancos profundos (>150 cm), producto de la erosión que generalmente sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y corre el agua proveniente de las lluvias. Las cárcavas se inician cuando el suelo ha sido removido por el flujo superficial formando pequeños surcos considerado como zanjeado incipiente y a medida que aumenta el escurrimiento se forman pequeños canalitos que van creciendo en ancho y en profundidad (Ochoa, 2011).
<b>EROSIÓN EN TERRACETAS</b>	La erosión en terracetos o "patas de vaca", son las huellas que deja el tránsito de ganado sobre el terreno. El constante paso del ganado compacta el suelo y ocasiona surcos, cárcavas y otras modalidades de erosión (CIMAD, 2011).
<b>METEORIZACIÓN</b>	Es el proceso de la desintegración de la roca in situ por acción de los agentes que modifican la superficie terrestre. Este proceso es causado por medios físicos, químicos biológicos. Se le puede considerar como la fase inicial de denudación, pues en la mayoría de los casos la roca debe ser meteorizada antes que actúen los otros procesos de denudación. La meteorización se estudia en tres partes, las cuales son: meteorización física, química y biológica.

Fuente: González, 2006

### 2.5.3.2.2 Fase de campo

El trabajo de campo de geomorfología para el presente estudio consistió en la verificación de la información obtenida en la fase de precampo. Esta labor fue realizada de acuerdo con las recomendaciones dadas en la guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos del IDEAM (2013), Tabla 2.5-9. Para un completo desarrollo de este capítulo fue necesario efectuar actividades encaminadas hacia el reconocimiento general geomorfológico del área de estudio, establecimiento de las pendientes aproximadas, identificación de los depósitos superficiales, caracterización de los procesos morfodinámicos actuales, definición con asesoría del ingeniero forestal de las coberturas de tierra, así como la descripción de los perfiles de meteorización.

**Tabla 2.5-9 Aspectos generales para la verificación de las características geomorfológicas en campo**

TEMAS	IMPORTANCIA	DATOS POSIBLES
<b>RECONOCIMIENTO GENERAL</b>	Visión general del área	Accesos viales, distribución de geoformas y procesos morfodinámicos generales.
<b>MORFOLOGÍA GENERAL</b>	Pendiente de las geoformas	Pendiente en grados de la geoforma y su rango de variación. Se trata de la pendiente general de la geoforma en el sentido del drenaje. Se recomienda varias mediciones para determinar el rango sobre el cual se desarrolla. En este caso es importante diferenciar la pendiente regional de la geoforma y las variaciones locales que pueden indicar procesos locales de erosión.
<b>DEPÓSITOS SUPERFICIALES</b>	Génesis general de la geoforma	Composición, granulometría, estructura de depósitos superficiales, grados de meteorización, presencia de materia orgánica, deformación (neotectónica).

TEMAS	IMPORTANCIA	DATOS POSIBLES
		Esta información permite una comprensión de la génesis de la geoforma; ya que datos como la composición de los clastos, redondez, estructura y relación de la matriz y clastos permite información sobre la procedencia de los materiales, distancia recorrida, ambiente de transporte, entre otros. Esta caracterización aplica para depósitos cuaternarios recientes que se han originado por procesos de acumulación.
<b>SUSTRATO ROCOSO</b>	Contexto estructural en la formación de la geoforma	Litología, estructura y grado de meteorización general del sustrato rocoso.
<b>PROCESOS MORFODINÁMICOS ACTIVOS</b>	Identificación del proceso activos de erosión o acumulación	Procesos de remoción en masa soliflucción, deslizamiento, flujo y caídas. Erosión hídrica (laminar, surcos o cárcavas).
<b>COBERTURAS Y ACTIVIDADES ANTRÓPICAS</b>	Indicadores de condiciones ambientales y/o antrópicas agravantes para los procesos erosivos	Cobertura vegetal, cultivos o asentamientos humanos.
<b>SUELOS Y METEORIZACIÓN</b>	Procesos recientes	Espesor y color

Fuente: IDEAM, 2013

Otro aspecto considerado en la caracterización geomorfológica del área de estudio fue el establecimiento de los patrones de drenaje, tanto a nivel regional como local (Tabla 2.5-10).

**Tabla 2.5-10 Principales patrones de drenaje**

RANGO	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS GENERALES	GEOFORMAS COMUNES
1	Radial	Lavas y piroclastos	Conos volcánicos
2	Anular	Rocas sedimentarias y/o volcánicos inclinados	Domos y conos volcánicos disectadas
3	Rectangular	Rocas fuertemente fracturadas	Macizos ígneos y metamórficos
4	Enrejado	Rocas sedimentarias duras y blandas intercaladas	Rocas sedimentarias plegadas
5	Paralelo	Laderas estructurales y coluviales	Laderas coluviales
6	Detrítico	Rocas intrusivas y sedimentos homogéneos	Macizos ígneos o llanuras disectadas
7	Interno	Calcáreo	Dolinas y cárstico
8	Distributivo	Aluvio-Torrencial	Piedemontes aluviotorrencial
9	Trenzado	Aluvial	Vegas de piedemonte
10	Meándrico	Aluvial	Llanuras de inundación
11	Recto	Aluvial	Llanuras de inundación
12	Pantanosos	Aluvial-Lacustre	Llanuras de inundación
13	Otro		

Fuente: IDEAM, 2013

A su vez, para la clasificación apropiada de los procesos morfodinámicos fueron utilizados las siguientes tablas (Tabla 2.5-11 y Tabla 2.5-12).

**Tabla 2.5-11 Clasificación de los procesos erosivos según el SGC**

TIPO DE EROSIÓN	ESPACIAMIENTO ENTRE CANALES (m)					
	<5	5 a 15	15 a 50	50 a 150	150 a 500	> 500
<b>EROSIÓN LAMINAR</b>	Severa	Moderada	Suave			
<b>SURCOS (&lt;50 CM DE PROFUNDIDAD)</b>	Severa	Severa	Moderada	Suave		
<b>BARRANCOS (51-150 CM DE PROFUNDIDAD)</b>	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave	
<b>CÁRCAVAS (&gt;150 CM DE PROFUNDIDAD)</b>	Severa	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave

Fuente: SGC 2011

**Tabla 2.5-12 Clasificación De Fenómenos De Remoción En Masa Según El Servicio Geológico Colombiano**

CLASIFICACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA					
TIPO DE MOVIMIENTO		TIPO DE MATERIAL ASOCIADO			
		ROCA	SUELO DE INGENIERÍA		
			PREDOMINANTE MENTE GRUESO	PREDOMINANTE MENTE FINO	
CAÍDAS		Roca resistente fracturada	Detritos	Tierra	
VOLCAMIENTO		Rocas muy inclinadas	Detritos	Tierra	
DESIZAMIENTOS	ROTACIONAL	Pocas unidades	Hundimiento de roca	Hundimiento de detritos	Hundimiento de tierra
		Muchas unidades	Deslizamiento de bloques de roca	Deslizamiento de bloques de detritos	Deslizamiento de bloques de tierra
	TRASLACIONAL	Pocas unidades	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierra
		Muchas unidades	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierra
PROPAGACIÓN LATERAL		Roca	Detritos	Tierra	
FLUJOS		Flujo de roca (Creep profundo)	de detritos	De Tierra	
REPTACIÓN		Creep profundo	Creep de suelo		
COMPUESTOS O MÚLTIPLES: Combinación de dos más de los tipos anteriores					

Fuente: SGC, 2011

En términos generales el formato de campo para el inventario de procesos morfodinámicos contiene información referente a localización del proceso (departamento, municipio, vereda), coordenadas del evento, unidad geológica y geomorfológica, periodo climático, uso actual del suelo, cobertura vegetal predominante,

nivel de afectación, pendiente del terreno, posición del nivel freático, registro fotográfico, así como las características morfométricas del proceso.

Para el componente geomorfológico, se realizó la identificación las unidades geomorfológicas a intervenir, así como sus características morfográficas, morfodinámica y morfogénesis.

Los puntos de control tomados en campo para la definición del área de influencia del componente geomorfológico se presentan a continuación en la Figura 2.5-27 y Tabla 2.5-13.

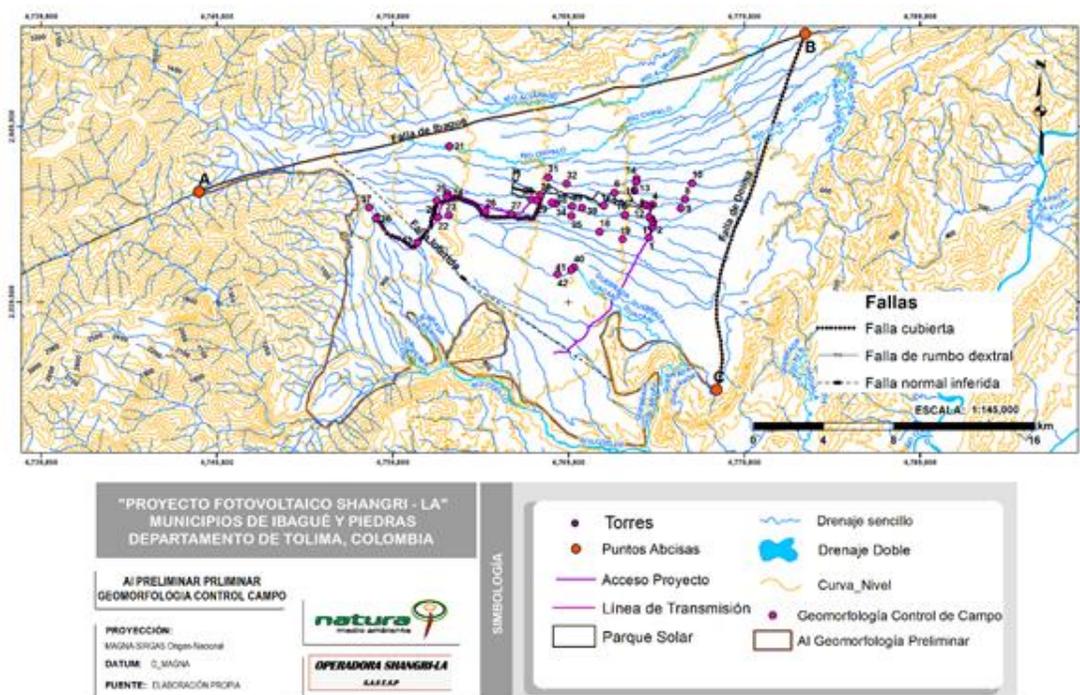


Figura 2.5-27 Puntos de control tomados en campo para la caracterización del componente geomorfológico

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

**Tabla 2.5-13 Coordenadas de los puntos de control de campo para la caracterización del componente geomorfológico**

ESTACIÓN	COMPONENTE	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
1	Geomorfología	4774361	2043594	Se observa cauces aluviales sobre la unidad como lahárico (Vcl)
2	Geomorfología	4774566	2044179	Control de la unidad Abanico de Ibagué (Qai)
3	Geomorfología	4774550	2044152	Se observa cauces aluviales sobre la unidad como lahárico (Vcl)
4	Geomorfología	4774594	2045458	Se anexa formato FUNIAS
5	Geomorfología	4774402	2045408	Se anexa formato FUNIAS
6	Geomorfología	4772419	2046154	Se anexa formato FUNIAS
7	Geomorfología	4774380	2044748	No se cuenta con información alguna debido a que no se encontraba nadie en la zona.
8	Geomorfología	4776420	2045782	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
9	Geomorfología	4776193	2045259	Control geoforma como lahárico (Vcl)
10	Geomorfología	4776837	2046689	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
11	Geomorfología	4774578	2044513	Identificación de inicio de procesos erosivos
12	Geomorfología	4774132	2045457	Control geoforma como lahárico (Vcl)
13	Geomorfología	4773554	2046260	Control geoforma como lahárico (Vcl)
14	Geomorfología	4773659	2046937	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
15	Geomorfología	4773643	2046751	Control geoforma como lahárico (Vcl)
16	Geomorfología	4772992	2044878	Control geoforma como lahárico (Vcl)
17	Geomorfología	4771797	2045406	No se cuenta con información alguna debido a que no se encontraba nadie en la zona.
18	Geomorfología	4771564	2043916	Punto de verificación. No presenta inconvenientes con relación a los componentes

Ibagué y Piedras (Tolima)

ESTACIÓN	COMPONENTE	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
19	Geomorfología	4772881	2043490	
20	Geomorfología	4762295	2045709	Se observa cauces aluviales sobre la unidad cono lahárico (Vcl)
21	Geomorfología	4763012	2048787	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
22	Geomorfología	4762377	2044739	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
23	Geomorfología	4762972	2044860	Surcos sobre la unidad geomorfológica producto de escorrentía
24	Geomorfología	4762911	2046116	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
25	Geomorfología	4762869	2045913	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
26	Geomorfología	4765074	2045083	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
27	Geomorfología	4766526	2044938	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
28	Geomorfología	4767677	2045778	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
29	Geomorfología	4767988	2045698	Se anexa formato FUNIAS
30	Geomorfología	4768218	2045992	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
31	Geomorfología	4768627	2047027	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
32	Geomorfología	4769678	2046661	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
33	Geomorfología	4769993	2045377	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
34	Geomorfología	4769073	2045531	Control geoforma cono lahárico (Vcl)
35	Geomorfología	4769959	2044828	No se cuenta con información alguna debido a que las personas que se encontraban cerca no conocían las características del pozo
36	Geomorfología	4758829	2044672	Punto de verificación. No presenta inconvenientes con relación a los componentes
37	Geomorfología	4758445	2045296	Control geoforma flujo lahárico aterrazados (Vfla)
38	Geomorfología	4768835	2045573	Vía de acceso en mal estado
39	Geomorfología	4770563	2045275	Vía de acceso en mal estado. Cruce planeado de la vía sobre drenaje se

ESTACIÓN	COMPONENTE	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
				encuentra a una altura mayor a 10 metros.
40	Geomorfología	4770111	2041889	No se cuenta con información alguna debido a que las personas que se encontraban cerca no conocían las características del pozo
41	Geomorfología	4769943	2041747	Control de la unidad abanico de Ibagué (Qai)
42	Geomorfología	4769174	2041496	Control geofoma cono lahárico (Vcl)
43	Geomorfología	4761188	2043290	Procesos erosivos sobre subunidad Vfla

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

Algunas de las fotografías tomadas en campo para la caracterización del componente geomorfológico, se presentan a continuación (Figura 2.5-28 a Figura 2.5-30)



**Figura 2.5-28 Puntos de control tomados en campo para la caracterización del componente geomorfológico**

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

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 2.5-29 Puntos de control tomados en campo para la caracterización del componente geomorfológico**

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



**Figura 2.5-30 Puntos de control tomados en campo para la caracterización del componente geomorfológico**

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

### 2.5.3.2.3 Fase de postcampo

Los resultados para el capítulo de geomorfología se presentan a continuación:

10. Caracterización de las unidades geomorfológicas dentro del área de influencia geomorfológica. Dentro de dicha caracterización se encuentra la morfogénesis, la Morfografía, la morfodinámica y la morfoestructura.
11. Identificación de los procesos morfodinámicos actuales dentro del área de estudio. Así como el análisis multitemporal con base en interpretación de fotografías aéreas.
12. Mapa geomorfológico a escala 1:10.000.
13. Categorías de pendientes de acuerdo con los rangos: 0-15%, 15-30%, 30-45%, 50-100% y mayor a 100%.
14. Determinación del relieve relativo.
15. Importancia de las áreas de sedimentación y erosión activa.

### 2.5.3.3 Suelos

---

El componente de suelos y uso de la tierra fue elaborado dentro de tres fases de precampo, fase de campo y fase de postcampo. Cada una de estas fases cumple con las metodologías propuestas por el IGAC y el Ministerio de Agricultura para la evaluación y zonificación de tierras a escala 1:25.000.

El objetivo principal de la investigación en la ciencia del suelo es la comprensión de la naturaleza, propiedades, dinámica y funciones del suelo como parte del paisaje y los ecosistemas. En la Figura 2.5-31, se muestra el papel de la descripción de suelos como paso inicial en la clasificación de suelos y la evaluación de la aptitud de uso.

Ibagué y Piedras (Tolima)

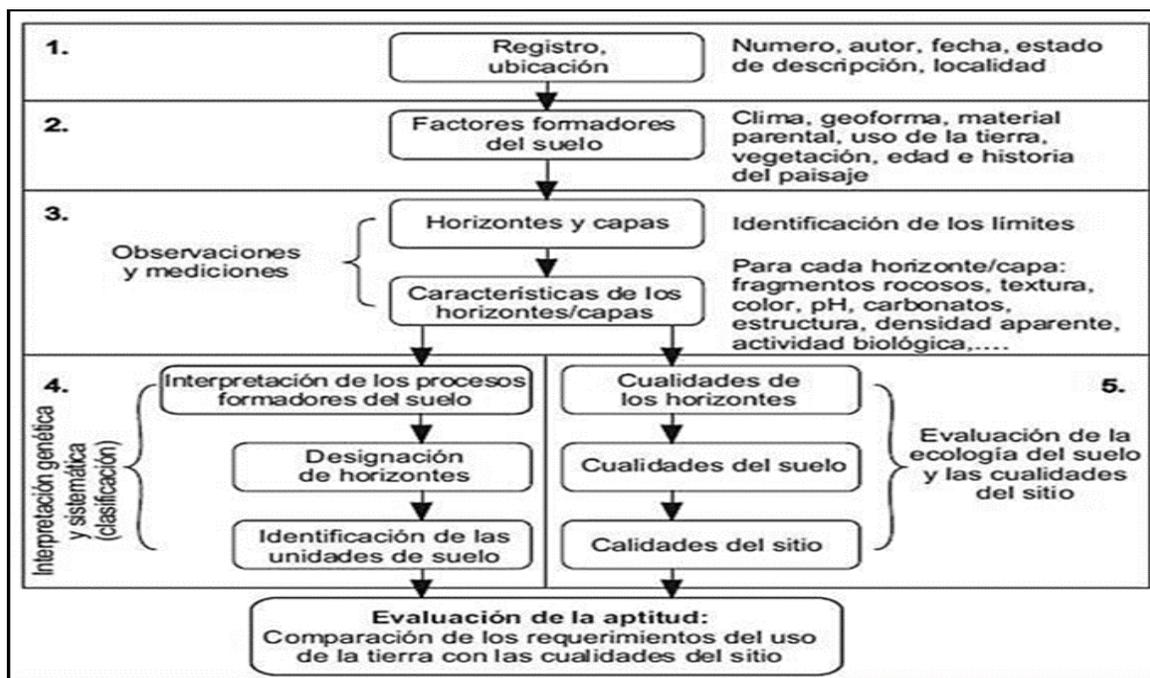


Figura 2.5-31 Principio general del impacto ambiental

Fuente: FAO, 2009

### 2.5.3.3.1 Fase de precampo

El trabajo de precampo para el componente de suelos, se encuentra orientado hacia la identificación inicial por medio de la imagen satelital del proyecto; para establecer el uso actual del suelo a través de la identificación de las coberturas presentes en el área. Esta información es complementada con la definición a partir del mapa de suelos del departamento del Tolima de las unidades cartográficas de suelo que afloran dentro del área de estudio.

La información secundaria obtenida del IGAC, reúne aspectos sobre:

- Aspectos cartográficos de la distribución de las unidades de suelo a nivel departamental, referidas con la nomenclatura reconocida a nivel internacional, basada en los componentes geomorfológicos, climáticos y edafológicos que definen a cada una de las unidades de suelo existentes en el ámbito estudiado.

Ejemplo: Unidad LWA (unidad localizada en paisaje de lomerío, con clima cálido seco y con componente pedológico tipo A).

- Descripción taxonómica de los componentes pedológicos asociados, a cada unidad de suelo, que la definen como asociación, consociación o complejo, según la producción en que la integran.
- Clasificación agrologica de las unidades de suelo, basada en su potencialidad de uso, según sistema USDA.
- Descripción generalizada de los usos agropecuarios que fueron detectados durante la época del estudio.
- Descripción generalizada de las propiedades fisicoquímicos de las unidades reportadas: fertilidad, profundidad, drenaje y fenómenos que la afectan (erosión y pedregosidad).

Recopilada la información secundaria, se planearon las actividades de campo, orientadas a la verificación y ajuste de la información secundaria mediante observaciones directas (apertura de calicatas y cajuelas). Se obtuvo el mapa de suelos, insumo fundamental para el desarrollo de trabajo de campo.

#### 2.5.3.3.2 Fase de Campo

El trabajo de campo para el componente de suelos tuvo en cuenta actividades como reconocimiento del área, levantamiento de información edafológica, el muestreo de los suelos identificados, caracterización de perfiles (horizontes de suelo), así como un monitoreo de las características fisicoquímicas de las unidades cartográficas de suelo.

#### **Tipo de observación**

Esta actividad corresponde a la apertura de calicatas, con el fin de identificar los horizontes de suelos y sus características. Para el área de estudio, fueron realizadas ocho (8) calicatas, distribuidas de la siguiente manera; cuatro (4) en el área definida como parque solar, y cuatro (4) en el área de la línea de transmisión. Cada calicata tenía una dimensión de 1m x 1m x 1m, las cuales permitieron caracterizar las unidades presentes

en el área de estudio. Adicional a la apertura de las calicatas, se hicieron doce (12) cajuelas, de 0,50m x 0,50m x 0,50m; con el objetivo de identificar de una manera más precisa el suelo presente en el área de estudio. (Fotografía 2.5-1)



**Fotografía 2.5-1 Apertura de calicatas y cajuelas área de estudio**

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

### Descripción del muestreo de suelos

Con la información obtenida en las calicatas y cajuelas, se logró el conocimiento de las características morfológicas y físicas de los suelos. Esta información fue complementada con la descripción de parámetros como pendiente, textura del suelo, drenaje del suelo, color del suelo, estructura del suelo, erosión y pedregosidad.

#### 1. Pendiente

La pendiente del terreno se representa como un valor en porcentaje (%). En la Tabla 2.5-14 se presentan los rangos que definen las clases de pendiente.

**Tabla 2.5-14 Rasgos para clases de pendientes**

Código	Clase de Pendientes
a	Pendiente 0-3%, relieve plano o ligeramente plano.
b	Pendiente 3-7%, relieve ligeramente inclinado.
c	Pendiente 7-12%, relieve moderadamente inclinado.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Código	Clase de Pendientes
d	Pendiente 12-25%, relieve fuertemente inclinado
e	Pendiente 25-50%, relieve ligeramente escarpado.
f	Pendiente 50-75%, relieve moderadamente escarpado.
g	Pendiente > del 75%, relieve fuertemente escarpado.

Fuente: Mapa de suelos de Colombia elaborado por el IGAC, 1983

## 2. Textura del suelo

La textura indica el contenido relativo de partículas de tamaño arena, limo y arcilla, en una muestra o cantidad de suelos determinada. 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 a través del perfil del suelo. Para la clasificación de la textura según los porcentajes, se utiliza los grupos indicados en la Tabla 2.5-15 y Figura 2.5-32.

**Tabla 2.5-15 Clases texturales delo suelo**

Grupos Texturales	Código	Clase de Pendientes
Gruesas	G	Arenosa, Arenosa franca y Franco arenosa.
Medias	M	Franca, Franco limosa, Limosa.
Finas	H	Franco arcillosa, arcillosa, arcillo-limosa.
Finas a medias	H	Franco-arcillo-arenosa.
Medias a Gruesas	L	Franco-arcillo-limosa.
Medias a finas	N	Arcillo-arenosa.

Fuente: IGAC, 2002

Ibagué y Piedras (Tolima)

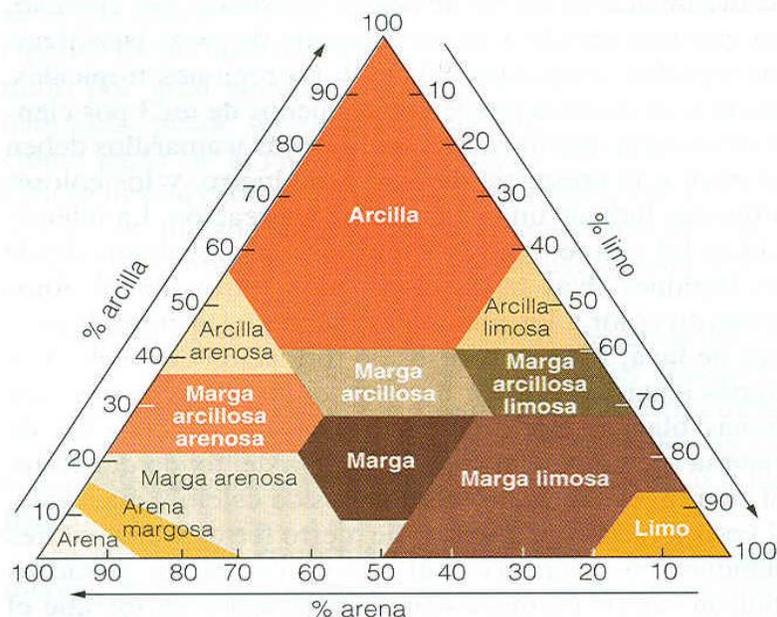


Figura 2.5-32 Triángulo de la clasificación textural de los suelos

Fuente: IGAC, 2002

### 3. Drenaje del suelo

El drenaje natural del suelo es la mayor o menor rapidez o facilidad para evacuar el agua por escurrimiento superficial y por infiltración profunda. Esta propiedad del suelo se determina según lo indicado en la Tabla 2.5-16.

Tabla 2.5-16 Rasgos para clases de pendientes

Código	Clases	Clase de Pendientes
1	Excesivamente drenado	El agua se retira del suelo muy rápidamente.
2	Moderadamente excesivo	El agua se retira del suelo con rapidez.
3	Bien drenados	El agua se retira del suelo con facilidad, pero no con rapidez.
4	Moderadamente bien drenado	El perfil del suelo permanece saturado por períodos cortos.
5	Imperfectamente drenados	El agua es removida del suelo con lentitud. El nivel freático se localiza a media profundidad del perfil del suelo.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Código	Clases	Clase de Pendientes
6	Pobremente drenados	El nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie la mayor parte del año.
7	Muy pobremente drenado	El nivel freático alcanza hasta la superficie o permanece sobre ella la mayor parte del año.
8	Moderadamente bien drenado a pobremente drenados	El agua se retira del suelo con rapidez y el nivel freático se mantiene cerca de superficie.
9	Bien drenados a excesivamente drenados	El agua se retira del suelo muy rápidamente y se infiltra al subsuelo rápidamente.

Fuente: IGAC, 2002

#### 4. Color del suelo

El color del suelo es una de las características físicas más importantes utilizado para separar los horizontes, identificando de esta manera las distintas clases de suelo. Para esto se emplea la tabla de colores Munsell (Munsell, 1980). Estas tablas incluyen todos los matices del rango visible del espectro electromagnético, se utilizan para describir el color de rocas, suelos, plantas, entre otros. En suelos se utiliza sólo alrededor de la quinta parte del rango total de matices. La tabla Munsell está compuesta de hojas, representando cada una de ellas un matiz (Hue) específico que aparece en la parte superior derecha de dicha página. Cada hoja presenta una serie plaquitas o "chips" diferentemente coloreados y sistemáticamente arreglados en la hoja, que representan la claridad (Value) y la pureza (Chroma). Las divisiones de claridad (Value) se presentan en sentido vertical, incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba; las divisiones de pureza (Chroma) se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha.

El matiz (Hue) se expresa en una escala angular con un arco de 3,6° para cada hoja, se basa en cinco matices básicos: rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B) y púrpura (P); así como los cinco matices combinados de los anteriores (YR, GY, BG, PB y RP), cada uno de los matices tiene diferentes tonalidades que se especifican mediante números entre cero (0) y diez (10) colocados antes de la letra correspondiente (Figura 2.5-33). La claridad

(Value) y pureza (Chroma) se expresan en una escala lineal con una relación de 2,5:1 entre ellos.

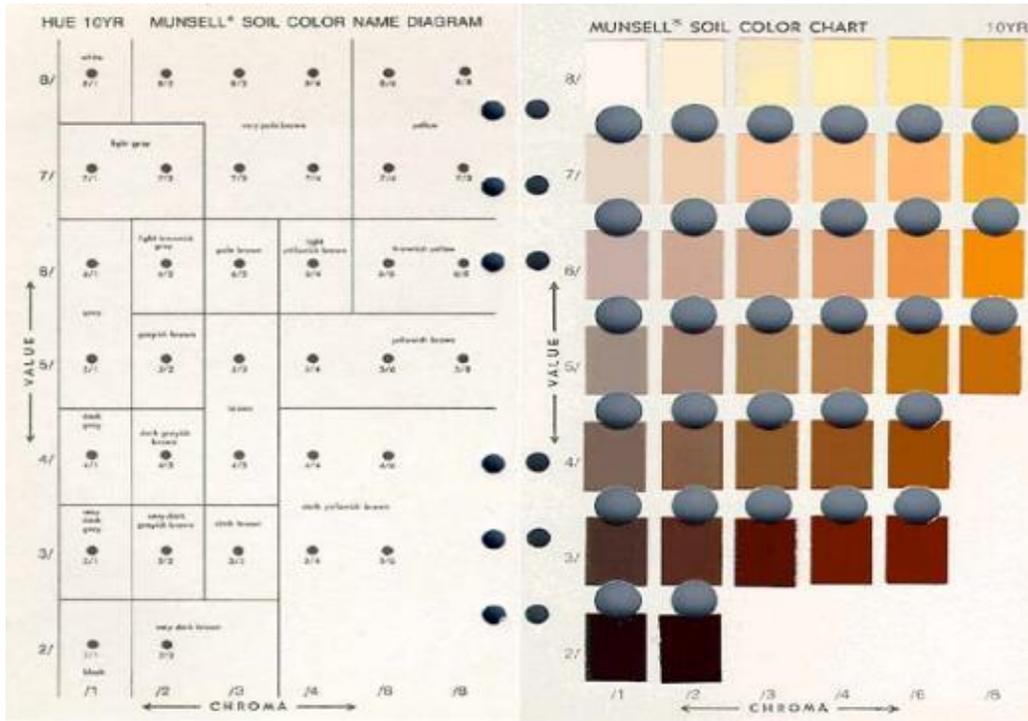


Figura 2.5-33 Tabla MUNSELL para la determinación del color en muestras de suelo

Fuente: IGAC, 2002

## 5. Estructura del suelo

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan u organizan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. En la Figura 2.5-34 se muestra los tipos de estructura de suelos, los cuales se comparan cuando se levanta una muestra en campo.

Ibagué y Piedras (Tolima)

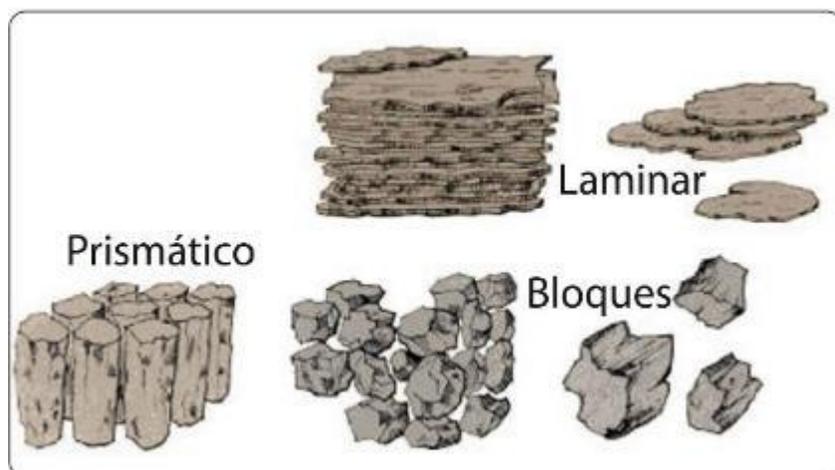


Figura 2.5-34 Tipo de estructura del suelo

Fuente: IGAC, 2002

## 6. Erosión del suelo

Se define como la pérdida gradual de los materiales que forman el suelo, originada por procesos que involucran a agentes geológicos como el viento y el agua que arrastran y transportan las partículas hasta originar la degradación total o parcial de sus horizontes o capas, Tabla 2.5-17.

Tabla 2.5-17 Tipos de erosión

Clase por grado de erosión	Código
Ligera	1
Moderada	2
Severa	3

Fuente: IGAC, 2002

## 7. Pedregosidad

La pedregosidad hace referencia a la cantidad de fragmentos rocosos presentes en la superficie del suelo y que pueden afectar procesos a nivel de mecanización del suelo.

Dichos fragmentos se clasifican de acuerdo con su tamaño que pueden ir desde grava fina (0.2 a 2 cm) hasta pedregones (> 60 cm).

### Descripción de los perfiles de suelos

Para la descripción de las calicatas realizadas dentro del área de estudio, se contaba con un formato de campo. Este formato de campo contenía información referente a paisaje, clima, tipo de relieve, taxonomía, características y la correspondiente unidad de suelo. (Figura 2.5-35)

FORMATO DE CAMPO COMPONENTE SUELOS (Apiques y Calicatas)						FECHA	
						MUNICIPIO	
						VEREDA	
TIPIFICACIÓN DEL SUELO						HORA	
						MUESTREO	
APIQUE		CALICATA		PROFUNDIDAD (m)		CONDICIONES CLIMATICAS	
PAISAJE	CLIMA	TIPO DE RELIEVE	HORIZONTE	PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN HORIZONTE	USO DEL SUELO (Actual)	UNIDAD DE SUELO

Figura 2.5-35 Formatos de campo para suelos - características y propiedades

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

Con el fin de conocer las características edafológicas de las unidades cartográficas de suelo dentro del área de estudio, 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, y se hizo la apertura de un total de ocho (8) calicatas, cuya ubicación se presenta en la Tabla 2.5-18, Figura 2.5-36 y Figura 2.5-37. Esta información se complementó con la apertura de cajuelas (11 en total).

**Tabla 2.5-18 Localización de las calicatas y cajuelas área de estudio**

Nomenclatura Punto	Componente	Coordenadas	
		Este	Norte
Calicata 1	Suelos	4774106,93	2045168,11
Calicata 2	Suelos	4772034,27	2045605,66
Calicata 3	Suelos	4769100,94	2045489,53
Calicata 4	Suelos	4767706,39	2046181,17
Calicata 5	Suelos	4766989,18	2044933,11
Calicata 6	Suelos	4762811,31	2045911,97
Calicata 7	Suelos	4766051,32	2045119,09
Calicata 8	Suelos	4764645,17	2045500,89
Cajuela 1	Suelos	4772290,60	2045555,76
Cajuela 2	Suelos	4772682,86	2045428,84
Cajuela 3	Suelos	4773450,96	2045232,58
Cajuela 4	Suelos	4769280,14	2045519,11
Cajuela 5	Suelos	4767667,25	2045808,87
Cajuela 6	Suelos	4764332,49	2045666,24
Cajuela 7	Suelos	4765791,62	2045163,80
Cajuela 8	Suelos	4767487,96	2044865,65
Cajuela 9	Suelos	4769969,19	2044833,83
Cajuela 10	Suelos	4763905,74	2045842,95
Cajuela 11	Suelo	4771049,86	2045114,72

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

Ibagué y Piedras (Tolima)

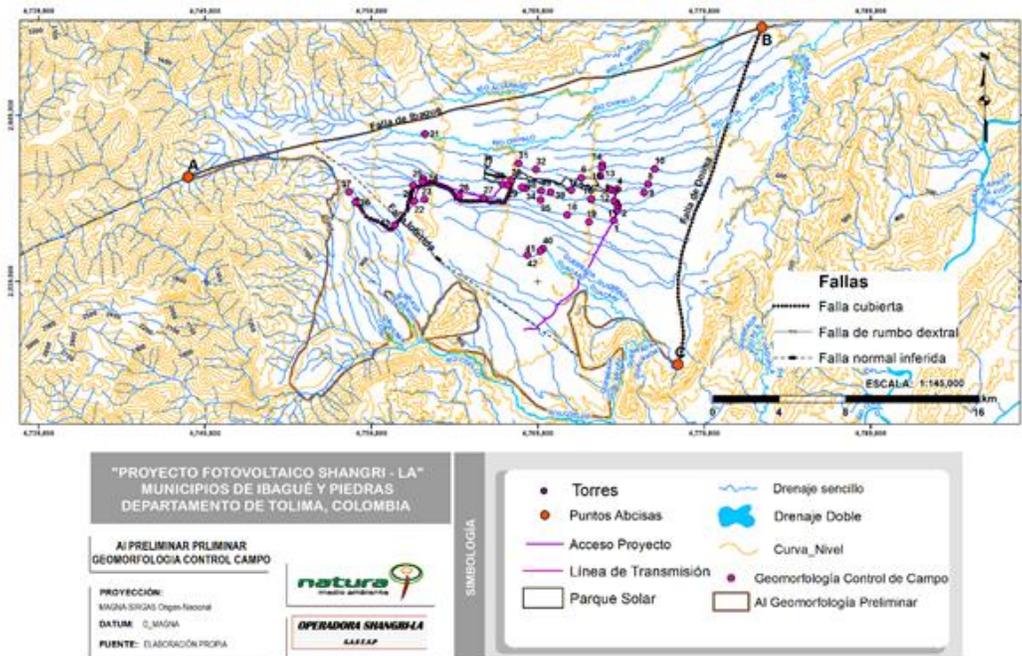


Figura 2.5-36 Localización de las calicatas realizadas dentro del área de estudio

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



Figura 2.5-37 Calicatas área de estudio

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

## Toma de muestras

De acuerdo con la distribución de las unidades cartográficas de suelo, fueron tomadas muestras de suelo por cada calicata. Específicamente se tomaron muestras de suelos por cada horizonte presente en el perfil, en cada una de las calicatas. Estas muestras de suelos fueron enviadas al laboratorio, con el fin de conocer parámetros fisicoquímicos de cada horizonte de suelo, teniendo en cuenta los parámetros solicitados por el Ministerio de Medio Ambiente de acuerdo con la resolución 2182 de 2016 (modelo de almacenamiento de GDB). Los parámetros físicos y químicos se presentan a continuación (Tabla 2.5-19 y Tabla 2.5-20).

**Tabla 2.5-19 Propiedades químicas de los suelos**

Propiedades Químicas de los Suelos		
PH_VALOR	Valor del pH del horizonte.	Obligatorio
PH_RANGO	Rango de acidez o alcalinidad (pH) del horizonte.	Obligatorio
CO	Valor de Carbono Orgánico del horizonte.	Condicional
MO	Valor de Materia Orgánica del horizonte.	Condicional
NTotal	Valor de Nitrógeno Total presente en el horizonte.	Condicional
CaCo3	Valor de Carbonato de Calcio presente en el horizonte.	Condicional
FOSFORO	Valor de Concentración de Fósforo en ppm presente en el horizonte.	Condicional
CICA	Valor de Capacidad de Intercambio Catiónico en cmol/Kg del horizonte.	Condicional
CICE	Valor de Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva en cmol/Kg del horizonte.	Condicional
CICV	Valor de Capacidad de Intercambio Catiónico Variable en cmol/Kg del horizonte.	Condicional
Ca	Valor de Calcio Total en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
Mg	Valor de Magnesio Total en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
K	Valor de Potasio Total en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
Na	Valor de Sodio Total en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
Al	Valor de Aluminio Intercambiable en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
CICA_Ar	Relación de la Capacidad de Intercambio Catiónico respecto al % de Arcilla presente en el horizonte.	Condicional
SCa	Porcentaje (%) de Saturación de Calcio presente en el horizonte.	Condicional
SMg	Porcentaje (%) de Saturación de Magnesio presente en el horizonte.	Condicional

Propiedades Químicas de los Suelos		
SK	Porcentaje (%) de Saturación de Potasio presente en el horizonte.	Condicional
SNa	Porcentaje (%) de Saturación de Sodio presente en el horizonte.	Condicional
SAI	Porcentaje (%) de Saturación de Aluminio presente en el horizonte.	Condicional
SBA	Porcentaje (%) de Saturación de Bases presente en el horizonte.	Condicional
SBE	Porcentaje (%) de Saturación de Bases Efectivas presente en el horizonte.	Condicional
Ca_Mg	Relación de Calcio/Magnesio presente en el horizonte.	Condicional
Mg_K	Relación de Magnesio/Potasio presente en el horizonte.	Condicional
Ca_K	Relación de Calcio/Potasio presente en el horizonte.	Condicional
Ca_Mg_K	Relación de Calcio sumado al Magnesio/Potasio presente en el horizonte.	Condicional
CICA_Ar	Relación de la Capacidad de Intercambio Catiónico respecto al % de Arcilla presente en el horizonte.	Condicional
COND_ELEC	Valor de la Conductividad Eléctrica presente en el horizonte en ds/m.	Condicional
PSI	Porcentaje (%) de Sodio Intercambiable presente en el horizonte.	Condicional
SAR	Porcentaje (%) de la Relación de Absorción de Sodio presente en el horizonte.	Condicional
BT	Valor de Bases Totales en cmol/Kg presentes en el horizonte.	Condicional

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

**Tabla 2.5-20 Propiedades físicas de los suelos**

Propiedades Químicas de los Suelos		
ARENA	Porcentaje de arena presente en el horizonte.	Condicional
LIMO	Porcentaje de limo presente en el horizonte.	Condicional
ARCILLA	Porcentaje de arcilla presente en el horizonte.	Condicional
TEXTURA	Textura del horizonte.	Condicional
GRAVILLA	Porcentaje de gravillas presente en el horizonte.	Condicional
ESTRUC_TIP	Tipo de estructura del horizonte.	Condicional
ESTRUC_CLA	Clase de estructura del horizonte.	Condicional
DENS_APARE	Densidad Aparente del horizonte en g/cm <sup>3</sup> .	Condicional
DENS_REAL	Densidad Real del horizonte en g/cm <sup>3</sup> .	Condicional
MACROPOR	Porcentaje de la Macroporosidad presente en el horizonte.	Condicional
MICROPOR	Porcentaje de la Microporosidad presente en el horizonte.	Condicional
TOTAL_POR	Porcentaje total de la Porosidad presente en el horizonte.	Condicional

Ibagué y Piedras (Tolima)

Propiedades Químicas de los Suelos		
SAT_HUMED	Porcentaje de saturación del contenido de humedad presente en el horizonte.	Condicional
H_10_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 10 kPa.	Condicional
H_30_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 30 kPa.	Condicional
H_100_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 100 kPa.	Condicional
H_500_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa de 500 kPa.	Condicional
H_1000_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 1000 kPa.	Condicional
H_1500_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 1500 kPa.	Condicional
HUM_APRO	Porcentaje de Humedad Aprovechable.	Condicional
LIMI_LIQ	Porcentaje para el Limite Líquido.	Condicional
LIMI_PLAS	Porcentaje para el Limite Plástico.	Condicional
IND_PLAST	Índice de plasticidad.	Condicional
COLE	Coficiente lineal de elasticidad.	Condicional

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

## Metodología de muestreo

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:

1. 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.
2. Cortar el césped, si aplica. Guardar el césped para la restauración del hoyo después de realizado el muestreo.
3. 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.
4. 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

Ibagué y Piedras (Tolima)

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.

5. Completar los formatos con los datos de las muestras recolectadas.
6. Colocar todas las muestras dentro de un cuarto frío o algún dispositivo similar a 4°C.
7. Rellenar los hoyos abiertos con el material almacenado.
8. Limpiar y restaurar el sitio de muestreo.
9. Descontaminar los equipos y el sitio de muestreo.
10. 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 oC, utilizando hielo para tal fin.

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis (chain-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.

Ibagué y Piedras (Tolima)

1. 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 demás aspectos logísticos relacionados.
2. 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, Fotografía 2.5-2 .



**Fotografía 2.5-2 Toma de muestras área de estudio**

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

3. 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 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.

4. 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 parámetro.

### **Muestreo de suelos**

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 da la vuelta con una pala, para formar un cono. Esta operación se lleva a cabo tres veces. Luego el montículo se divide en cuartas, que deben ser de diámetro y espesor uniforme y se debe considerar y recombinar los cuartos opuestos diariametralmente. 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.

- El monitoreo se realizó entre el 12 y el 17 de mayo, en condiciones de Lluvia. Dichas muestras de suelo fueron enviadas al laboratorio del Doctor Calderón, acreditado por el IDEAM; para los respectivos análisis fisicoquímico de los suelos.

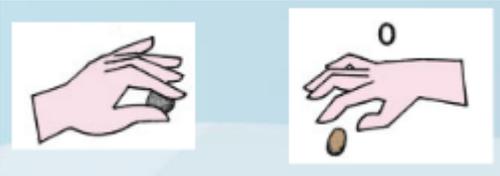
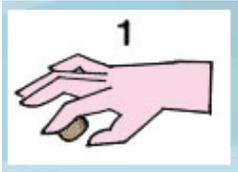
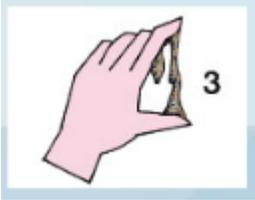
### **Ensayos de campo**

- Consistencia 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 2.5-21 y Fotografía 2.5-3).

Tabla 2.5-21 Adherencia de los suelos

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	
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)

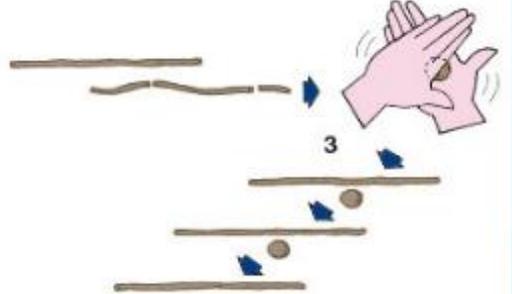


### Fotografía 2.5-3 Ensayo de Adherencia en el suelo

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

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 2.5-22 y Fotografía 2.5-4.

**Tabla 2.5-22 Plasticidad de los suelos**

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	
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)



**Fotografía 2.5-4 Ensayo de Plasticidad del suelo**

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

### 2.5.3.3.3 Fase de post campo

La descripción de las unidades de suelo fue realizada en oficina, basado en la información levantada en campo para las unidades caracterizadas y haciendo el respectivo proceso de convalidación con el Estudio General de Suelos del Departamento del Tolima, con el objeto de determinar su valor desde el punto de vista agro productivo, con base en sus propiedades físicas, químicas, y su grado de vulnerabilidad, frente a las perturbaciones que se puedan originar a consecuencia de las actividades incluidas en las estrategias formuladas para el presente proyecto.

Por su parte la Clasificación Agrológica del suelo se realiza utilizando como base el Estudio General de Suelos del Departamento del Tolima, complementado con las

observaciones en campo de las unidades de suelo caracterizadas, así como la información contenida en los estudios ambientales realizados en cercanías al presente proyecto.

Los usos actuales del suelo fueron establecidos mediante fotointerpretación de imagen satelital del proyecto y observaciones en campo. A partir de la fotointerpretación de coberturas y su clasificación mediante la metodología Corine Land Cover y el cruce con las unidades cartográficas de suelo se definen los polígonos de uso actual, clasificados según criterios definidos por el IGAC en la Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia Vol. 2 Bogotá D.C.

A partir de la clasificación agrológica se estableció la potencialidad de uso de los suelos, determinada mediante la metodología recomendada por el IGAC y referenciada en la publicación: Cobertura y Uso Actual de las Tierras en Colombia Volumen II en CD publicado en el año 2002.

La metodología para establecer los conflictos de uso del suelo se basa en el análisis comparativo del uso actual del suelo y su clasificación agrológica. Los resultados que se desprenden de este análisis se pueden clasificar en diferentes niveles que van desde el uso apropiado, es decir tierra sin conflicto de uso, hasta el uso en actividades muy distantes de su potencialidad, es decir tierras con sobreutilización severa.

Como resultado para el componente de suelos se presenta la siguiente información:

1. Se define el área de influencia definitiva para el componente, con la información analizada, se definen las Unidades Cartográficas de Suelo presentes en la zona.
2. Mapa de suelos; incluyendo clasificación agrológica de los suelos, uso actual y potencial y el establecimiento de los conflictos del uso del suelo.

### 2.5.3.4 Hidrología

La metodología para el componente de hidrología se desarrolló en tres etapas: precampo, campo y oficina.

#### 2.5.3.4.1 Fase precampo

En la etapa precampo se analizó la información disponible de cartografía base y la base de datos de estaciones del IDEAM. Para esto, se empleó la cartografía del IGAC en escala 1:100.000 (planchas 244 y 245) y 1:25.000 (planchas 244-II-D, 244-IV-B, 245-I-C, 245-I-D, 245-III-A, 245-III-B), así como la cartografía entregada por el cliente, especialmente el Área del Proyecto, accesos, drenajes, corredores viales y cruces del proyecto. Además, se utilizó la información presentada en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Coello (Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA, 2020) y del río Totare (Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA, 2020); la capa de zonificación hidrográfica nacional (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2003) y la capa de red de estaciones del IDEAM (IDEAM, 2017). Los cálculos morfométricos se realizaron en el software QGis de código abierto (QGIS User Guide. Publicación 3.4. Manual de usuario, 2020).

Con base en la anterior información se identificaron los puntos de control de campo de la red hidrográfica, con el fin de verificar en campo el estado actual de la hidrografía del área de influencia (ver Tabla 2.5-23 y Figura 2.5-38).

**Tabla 2.5-23 Puntos de control propuestos para la caracterización hidrológica en el AI del proyecto**

ID	NOMBRE	SISTEMA	ESTE [m]*	NORTE [m]*
1	Quebrada Doima	Lótico	4764445,389	2045404,478
2	Río Opía	Lótico	4762369,836	2046020,089
3	Drenaje Innominado	Lótico	4762142,528	2045004,939
4	Quebrada La Honda	Lótico	4762021,964	2044340,054
5	Jagüey	Léntico	4761704,718	2043542,972
6	Quebrada El Rodeo	Lótico	4761166,792	2043228,637
7	Quebrada San Javier	Lótico	4768416,102	2046124,682
8	Quebrada Miragatos	Lótico	4769298,683	2046660,935

Ibagué y Piedras (Tolima)

ID	NOMBRE	SISTEMA	ESTE [m]*	NORTE [m]*
9	Quebrada Miragatos	Lótico	4776623,126	2046685,487
10	Laguna	Léntico	4764067,238	2043891,754
11	Quebrada Armadillos Dos	Lótico	4776225,487	2045555,006
12	Laguna	Léntico	4763915,134	2043946,759
13	Quebrada San Javier	Lótico	4775377,503	2044583,724
14	Laguna	Léntico	4764082,204	2043982,088
15	Río Opía	Lótico	4766528,582	2046062,339
16	Río Opía	Lótico	4770545,672	2045227,572
17	Afluente quebrada La Pedregosa	Lótico	4771445,952	2044118,418
18	Laguna	Léntico	4772261,669	2045351,411
19	Laguna	Léntico	4772582,832	2045144,654
20	Laguna	Léntico	4773329,640	2045386,025
21	Laguna	Léntico	4772312,404	2045810,223
22	Laguna	Léntico	4774083,925	2045414,321
23	Quebrada Ambafer	Lótico	4770497,534	2047435,496
24	Quebrada Guacarí	Lótico	4764784,888	2043687,781
25	Quebrada Agua Sucia	Lótico	4764431,703	2047775,970
26	Laguna	Léntico	4762854,173	2044907,017
27	Laguna	Léntico	4763009,456	2044824,851
28	Laguna	Léntico	4762779,616	2045266,276
29	Laguna	Léntico	4769016,434	2045194,766
30	Laguna	Léntico	4769811,744	2044606,404
31	Laguna	Léntico	4770742,579	2044253,347
32	Laguna	Léntico	4774279,942	2044634,181
33	Laguna	Léntico	4772009,182	2045440,935
34	Quebrada Doima	Lótico	4771200,649	2043517,577
35	Quebrada Pedregosa	Lótico	4767145,895	2045001,098

\*Sistema de coordenadas CTM12.

Fuente: Natura y Medio Ambiente, 2021

Ibagué y Piedras (Tolima)

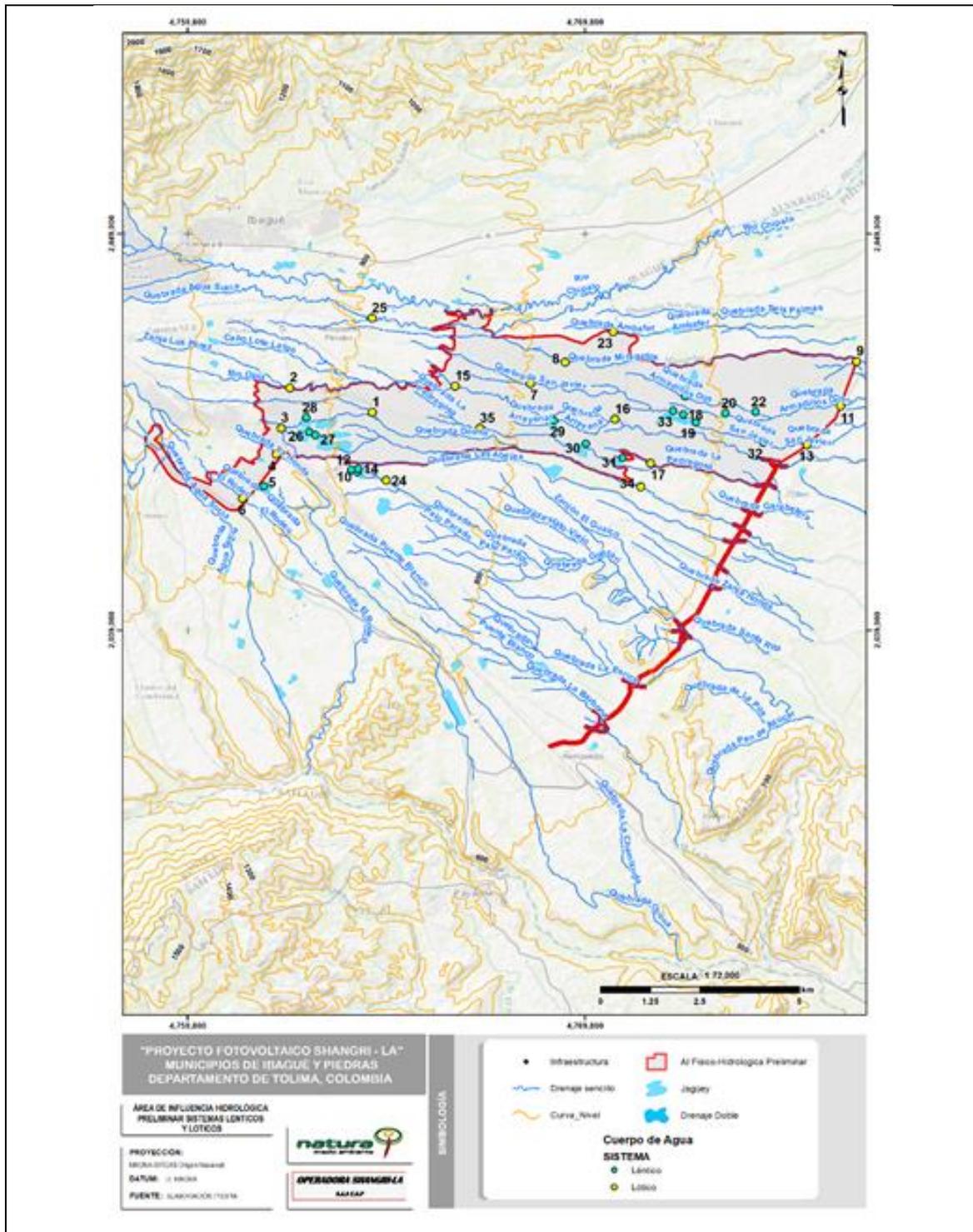


Figura 2.5-38 Puntos de control propuestos para la caracterización hidrológica en el AI del proyecto

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

Además, se seleccionó y se solicitó al IDEAM la información de caudales diarios mínimos, medios y máximos (ver Tabla 2.5-24) y precipitación diaria (ver Tabla 2.5-25) requeridos para el desarrollo de la caracterización hidrológica del proyecto. Las estaciones disponibles para la caracterización hidrológica del área de estudio se ilustran en la Figura 2.5-39 y Figura 2.5-40.

**Tabla 2.5-24 Estaciones con información de caudal solicitada para la caracterización hidrológica en el AI del proyecto**

NOMBRE	CÓDIGO	CATEGORÍA	CORRIENTE	ESTE [m]*	NORTE [m]*	ALTITUD [msnm]
PAYANDE	21217070	Limnigráfica	COELLO	4768112,22	2033618,29	562
PTE CARRETERA	21217120	Limnigráfica	COELLO	4745681,12	2044903,59	1,156
PTE LUISA	21217140	Limnimétrica	ANAIME	4720399,22	2038183,26	2,205
MONTEZUMA	21217180	Limnigráfica	COMBEIMA	4746426,57	2053658,71	1,450
CARMEN EL	21217200	Limnigráfica	COELLO	4755190,08	2033568,65	821
SAN VICENTE DEL COMBEIMA	21217220	Limnimétrica	COMBEIMA	4743287,1	2060091,62	1,750
BOCATOMA	21217250	Limnigráfica	QDA CAY	4749293,27	2051558,03	1,509
CHUZO EL	21217270	Limnimétrica	ANAIME	4730051,16	2045656,60	1,190
PTE LA BOLIVAR	21217280	Limnimétrica	BERMELLON	4728664,94	2048683,42	1,907
PIEDRAS	21227010	Limnigráfica	OPIA	4791441,11	2059408,77	384
NARIÑO AUTOM	21237010	Limnigráfica	MAGDALENA	4796077,26	2043096,60	277
BOCATOMA	21247050	Limnimétrica	TOTARE RIO	4782878,43	2076770,32	420

\*Sistema de coordenadas CTM12.

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

**Tabla 2.5-25 Estaciones con información de precipitación solicitada para la caracterización hidrológica en el AI del proyecto**

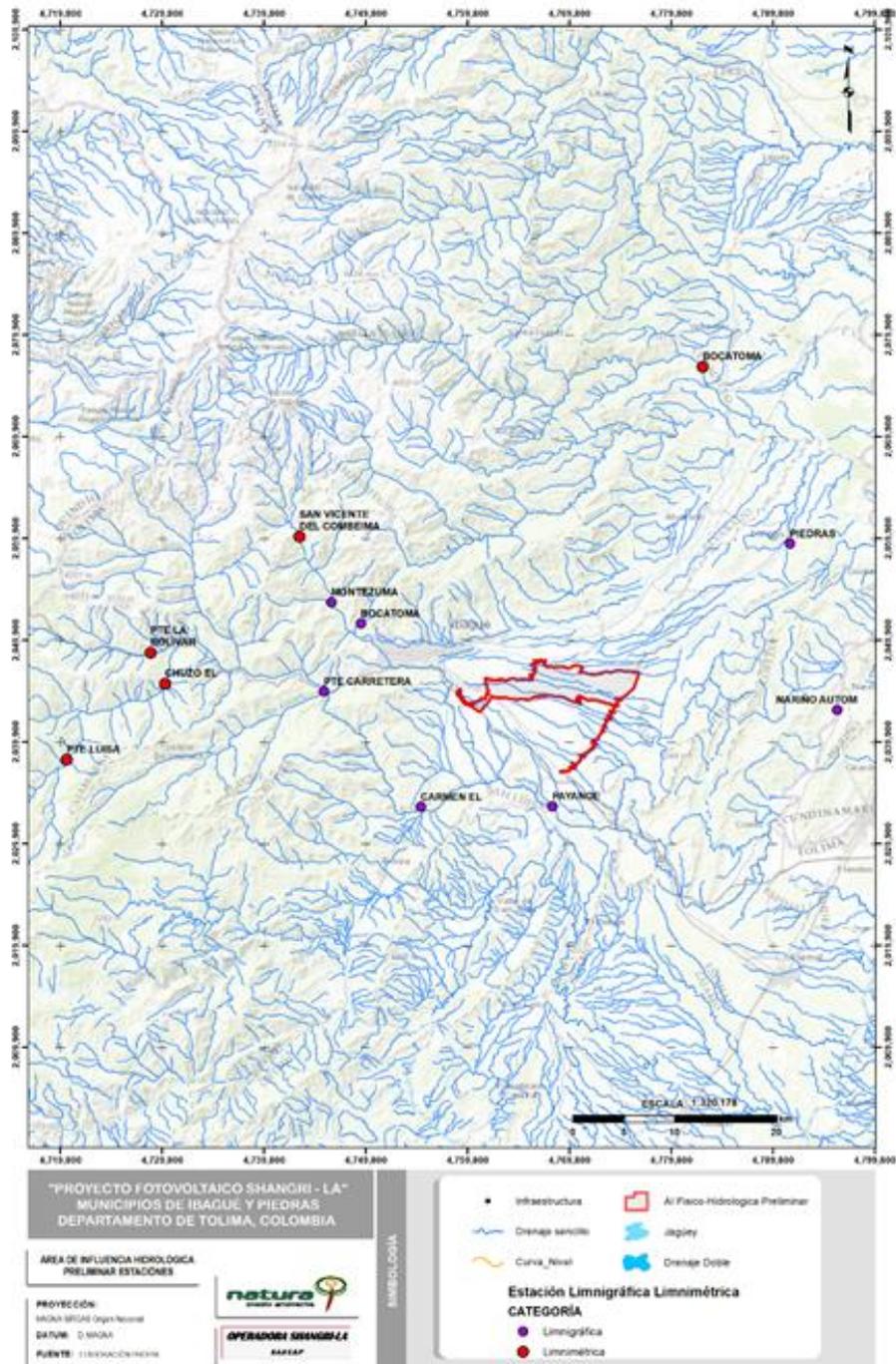
NOMBRE	CÓDIGO	CATEGORÍA	ESTE [m]*	NORTE [m]*	ALTITUD [msnm]
JUNTAS LAS	21210020	Pluviográfica	4742503,7	2061881,91	1,765
PASTALES	21210030	Pluviográfica	4744796,62	2056870,70	1,602
SECRETO EL	21210080	Pluviográfica	4745999,21	2055011,60	1,482
PLACER EL	21210110	Pluviográfica	4747346,33	2057956,20	2,170
ESMERALDA LA	21210120	Pluviográfica	4751605,49	2054622,56	1,965
DELICIAS LAS	21210130	Pluviométrica	4721338,76	2042490,43	2,095

Ibagué y Piedras (Tolima)

NOMBRE	CÓDIGO	CATEGORÍA	ESTE [m]*	NORTE [m]*	ALTITUD [msnm]
PLAN EL	21210140	Pluviométrica	4722992,89	2042862,78	3,088
CASCADA LA	21210150	Pluviométrica	4717907,96	2031890,37	3,280
DARIEN EL	21210160	Pluviográfica	4744398,91	2051963,32	1,920
PALOGRADE HDA	21210170	Pluviométrica	4733578,97	2037092,85	2,212
TOCHE	21210180	Pluviográfica	4732702,74	2057843,71	1,991
BUENOS AIRES	21210200	Pluviométrica	4769975,34	2037344,78	728
PALMAR EL	21210220	Pluviográfica	4742065,24	2064515,85	2,200
CRUZ ROJA	21210230	Pluviométrica	4755099,39	2047845,35	1,176
INTERLAKEN	21210240	Pluviométrica	4753675,31	2046888,21	1,174
SILENCIO EL	21210260	Pluviográfica	4735685,61	2070422,60	2,500
CHICORAL	21215080	Climatológica ordinaria	4778611,53	2025866,40	432
CAJAMARCA	21215100	Climatológica ordinaria	4731037,18	2049223,05	1,920
CUCUANA HDA	21215130	Climatológica ordinaria	4720565,76	2038185,78	2,229
NEV DEL TOLIMA	21215150	Climatológica principal	4741863,84	2074542,87	4,635
CERROS NOROCCIDENT	21215160	Climatológica principal	4751105,3	2052351,10	1,946
BATALLON ROOKE	21215180	Climatológica principal	4750554,5	2046605,79	1,323
CAJAMARCA AUTOM	21215190	Climatológica principal	4722623,62	2048605,91	2,530
PIEDRAS	21220040	Pluviométrica	4791441,11	2059408,77	384
ACEITUNO EL	21220050	Pluviométrica	4772243,72	2039362,53	680
NARIÑO RADIO	21230110	Pluviométrica	4796077,26	2043096,60	277
SAN JUAN DE CHINA	21240030	Pluviométrica	4769823,82	2060266,03	1,980
ANZOATEGUI	21240070	Pluviométrica	4768233,32	2070780,61	1,814
PERALES HATO OPIA	21245010	Climatológica ordinaria	4755901,52	2047836,82	826
APTO PERALES	21245040	Sinóptica secundaria	4762681,23	2047205,78	943
STA ISABEL	21255110	Climatológica ordinaria	4763613,71	2077898,51	2,817
GUAYABOS LOS	22050100	Pluviométrica	4767469,14	2072889,80	330

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

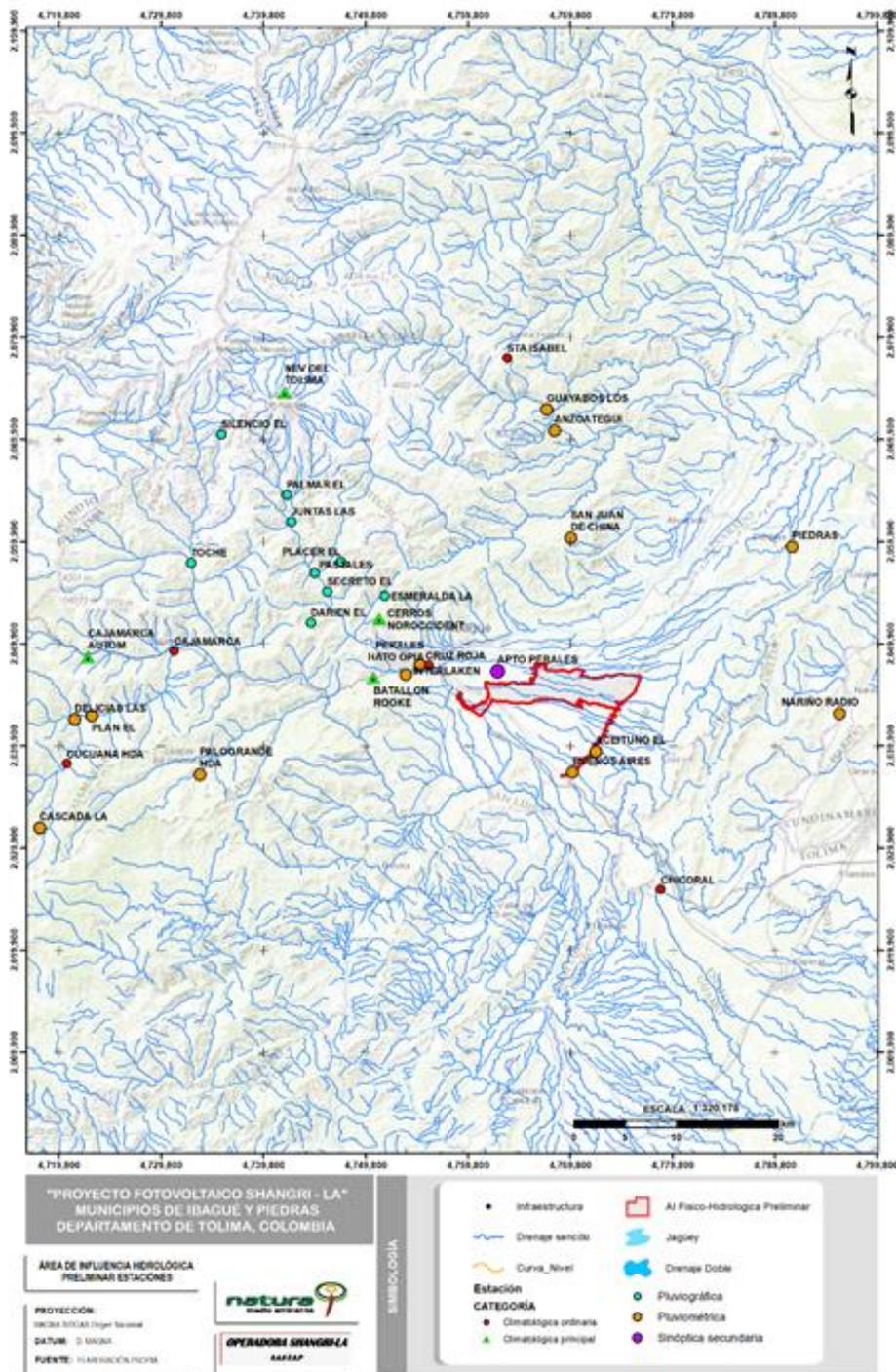
Ibagué y Piedras (Tolima)



Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 2.5-39 Ubicación de las estaciones con información solicitada para la caracterización hidrológica en el AI del proyecto.

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



**Figura 2.5-40 Ubicación de las estaciones con información solicitada para la caracterización hidrológica en el AI del proyecto.**

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

#### 2.5.3.4.2 Fase de campo

Para el levantamiento de información en campo se usó un GPS Garmin 62sc, una cámara GoPro Hero8 Black, pimpones para aforo (ver Fotografía 2.5-5) y formatos de recolección de información (ver Figura 2.5-41). Se visitaron los puntos de control propuestos en la etapa precampo (ver Tabla 2.5-23) del 12 al 16 de mayo de 2021 en compañía de baquianos y se tomó la localización, elevación, tipo y nombre del cuerpo de agua, fotografías, niveles de inundación, características del cauce (sección y material de fondo) y permanencia del cuerpo de agua en 116 puntos de control verificados en terreno.



**Fotografía 2.5-5 Equipos de campo componente hidrológico**

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

Ibagué y Piedras (Tolima)

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA EN CAMPO							
Proyecto:				Encargado trabajo campo:			
Fecha:				Consecutivo:		Sistema Referencia:	
PUNTO (WP)	ESTE [m]	NORTE [m]	ELEVACIÓN [msnm]	TIPO CUERPO (Léntico, Lótico) / NOMBRE	CARACTERÍSTICAS (Permanencia, material de fondo, sección, inundaciones, cobertura asociada)	ESQUEMA (Planta y perfil)	FOTOGRAFÍAS

**Figura 2.5-41 Formato de recolección de información hidrológica en campo**

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

La distribución espacial de los puntos levantados en campo se presenta en la Figura 2.5-42

Ibagué y Piedras (Tolima)

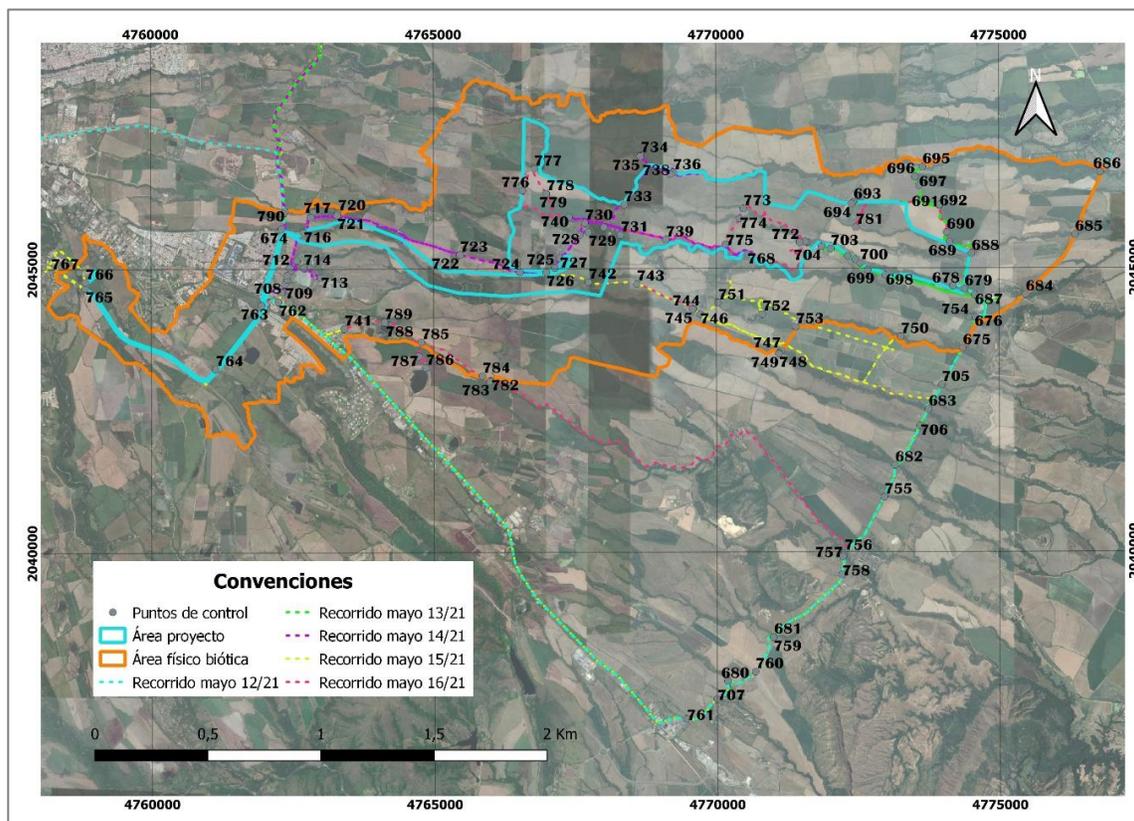


Figura 2.5-42 Localización de puntos de control levantados en campo para la caracterización hidrológica en el AI del proyecto

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

**Tabla 2.5-26 Puntos de control levantados para la caracterización hidrológica en el AI del proyecto**

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
673	12/05/2021	4762341	2045980	951	Lótico	Canal manejo agua	0,3 m/s	Saca agua cultivos de arroz. Erodable.	
674	12/05/2021	4762306	2045704	945	Lótico	Quebrada Doima	0,3 m/s	Erodable. Drena al oriente. Cruza doble drenaje.	
675	12/05/2021	4774357	2043591	703	Lótico	Quebrada innominada	0,01 m/s. 0,02 m/s.	Escurre lotes arroz. Alcantarilla triple 24".	
676	12/05/2021	4774565	2044140	694	Lótico	Río Opía	0,15 m/s.	Alcantarilla triple 36 ".	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
677	12/05/2021	4774590	2044126	697	Lótico	Río Opía		Uso a una casa, bombeo electrobomba. 2 mangueras 1/2. Aforo. 3,75, 4,15, 4,15.	
678	12/05/2021	4774187	2044680	705		Casa Hacienda Gascoña			
679	12/05/2021	4774388	2044632	708	Léntico	Laguna		Llena con agua. Con servidumbre río Combeima. Espejo de agua cubierto con macrófitas.	
680	13/05/2021	4770192	2037722	734	Lótico			Erodable. Puente La Borbona. Puente ensanchado. Punto crítico.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
681	13/05/2021	4771003	2038501	721	Lótico	La Perica		Erodable. Estructura batea. Punto crítico.	
682	13/05/2021	4773153	2041528	707	Lótico			Caídas pequeñas.	
683	13/05/2021	4773747	2042512	702	Lótico	Quebrada Doima		Punto crítico.	
684	13/05/2021	4775469	2044534	691	Lótico	Quebrada San Javier		Erodable. Pontón.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
685	13/05/2021	4776345	2045589	674	Lótico	Quebrada Armadillo 2		Erodable. Puente ok.	
686	13/05/2021	4776792	2046691	662	Lótico	Quebrada Miragatos		Erodable. Límite AI.	
687	13/05/2021	4774572	2044523	699	Lótico			Drena al oriente. Con agua. Erodable. Estructura insuficiente.	
688	13/05/2021	4774514	2045254	700	Lótico	Quebrada Armadillo 2		Dos alcantarillas 24" y box 0,6 m. Estructura funciona. Posiblemente repotenciar.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
689	13/05/2021	4774127	2045457	714	Léntico	Laguna		Para cultivos de arroz. Espejo sin macrófitas. Recibe agua de sistema de riego río Combeima.	
690	13/05/2021	4774074	2045631	716		Cultivo arroz		Agua en los cultivos. Actividad sin proyecto.	
691	13/05/2021	4773950	2046103	719	Lótico	Natural	3 lpm. Visual.	Erodable. Box 1,2 m.	
692	13/05/2021	4773950	2046117	718	Lótico	Canal acequia		Distrito riego para cultivo arroz.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
693	13/05/2021	4772428	2046165	748	Léntico	Laguna		Recibe agua de distrito de riego en verano e invierno. Agua de un pozo contiguo se usa para cultivos de arroz mediante acequias. Pesca.	
694	13/05/2021	4772393	2046136	750	Léntico	Laguna		Se llena con agua distrito de riego. Agua verde clara. Usos: pesca y riegos cultivos.	
695	13/05/2021	4773651	2046784	719	Lótico	Quebrada Miragatos	Orden de unidades l/s.	Erodable. Límite Al.	
696	13/05/2021	4773520	2046610	730		Cultivo de maíz		Actividad sin proyecto.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
697	13/05/2021	4773590	2046454	730		Canales acequia			
698	13/05/2021	4772994	2044875	735		Canal acequia			
699	13/05/2021	4772677	2044971	738		Canal en concreto		Manejo de aguas para cultivos de arroz. Va al oriente.	
700	13/05/2021	4772539	2045092	743	Léntico	Laguna		Recibe agua de distrito de riego. Uso para cultivo de arroz.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
701	13/05/2021	4772459	2045155	745	Léntico	Lagunas piscicultura		Cachama, mojarras. Usa agua del distrito de riego del río Combeima. Finca La Carolina.	
702	13/05/2021	4772323	2045212	748	Léntico	Laguna		Para agua de riego cultivo arroz.	
703	13/05/2021	4772024	2045344	753	Léntico	Laguna		Para riego de cultivos de arroz.	
704	13/05/2021	4771865	2045384	754	Léntico	Estanques piscícolas		Para alevinos.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
705	13/05/2021	4773984	2042945	709		Cruce cuerpo agua		Potenciar ocupación.	
706	13/05/2021	4773597	2042223	712		Escorrentía			
707	13/05/2021	4769996	2037405	743	Lótico	Cruce cuerpo agua		Posible ocupación. Volver a tomar foto.	
708	14/05/2021	4762311	2044592	951	Lótico	Canal del distrito de riego		Para cultivos de arroz. Agua para Piamonte Escobal La Miel.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
709	14/05/2021	4762369	2044731	946		Esorrentía		Aporta a laguna aguas abajo.	
710	14/05/2021	4762407	2044821	945	Léntico	Laguna		Usos: cultivos de arroz, pesca y recreativo. Se llena con canal, lluvia y esorrentías.	
711	14/05/2021	4762414	2044890	945	Lótico	Innominado		Aporta agua a la laguna.	
712	14/05/2021	4762457	2045022	947		Canal acequia.		Lleva agua para cultivos de arroz. Lagunas en este sector se secan en verano.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
713	14/05/2021	4763001	2044842	933	Léntico	Laguna		Usos: cultivo de arroz y ganado. Tiene fauna silvestre.	
714	14/05/2021	4762702	2045023	943	Léntico	Laguna		Cultivo de arroz. Se seca en verano fuerte. Macrófitas. Sistemas de lagunas. Estas son cabeceras.	
715	14/05/2021	4762582	2045148	946	Léntico	Laguna seca		Dejó de funcionar, actualizar cartografía.	
716	14/05/2021	4762702	2045644	935	Lótico	Quebrada Doima		Alcantarilla sextuple 24".	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
717	14/05/2021	4762820	2045936	938		Canal acequia.		Derivación en 4 canales. No es ocupación.	
718	14/05/2021	4762876	2046002	925	Lótico	Río Opía		Estable.	
719	14/05/2021	4762833	2045911	939		Canales acequia.		Cruzan vía a ser usada por el proyecto en acceso Picalaña.	
720	14/05/2021	4763306	2045985	924		Límite AI		Bosque del río es espeso. Límite ok.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
721	14/05/2021	4763296	2045951	927		Canal acequia.		Para cultivos de arroz.	
722	14/05/2021	4765460	2045244	881		Acequia amafer. Canal.		Agua para cultivos de arroz. Agua de mala calidad, deben mezclarla con otra agua para que sirva. Va a Buenos Aires, Escobal, Piamonte, Pradera.	
723	14/05/2021	4765466	2045248	881		Finca La Pradera		Usan agua acueducto de Ibagué. Trae agua desde Ibagué.	
724	14/05/2021	4766528	2044938	856		Canal acequia.		Acequias con agua que viene del río Combeima.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
725	14/05/2021	4767143	2045014	839	Lótico	Innominado		Erodable. Alcantarilla doble 24".	
726	14/05/2021	4766993	2044936	843		Cruce vía		No requiere intervención de cauces.	
727	14/05/2021	4767230	2045184	840		Escorrentía		Descarga de agua proveniente de las arrocetas.No es drenaje natural.	
728	14/05/2021	4767590	2045595	835		Tanque		Uso del agua doméstico. Toman agua de acequia. Bombean a planta en la casa del taller.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
729	14/05/2021	4767739	2045643	833		Taller Finca La Pradera.		Se le echa cloro y clarec. Agua sólo para baños, carbón mineral. Consumo doméstico 3 personas.	
730	14/05/2021	4767677	2045803	827	Lótico	Río Opía		Al oriente fluye. Talud lado izquierdo sección, pared vertical lado derecho de la sección. Puente 5 m de ancho. ¿Posible ocupación?	
731	14/05/2021	4768308	2045592	821		Hacienda El Reposo		Toman agua de la acequia para uso doméstico. El agua de consumo la traen en tanques de fincas vecinas. Agua doméstica tiene filtros y tanques y distribuyen.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
732	14/05/2021	4768011	2045729	827		Tanque		Tanque 20 usuarios uso doméstico. Acequia 98 l/s, en verano 30 l/s. Lotes con pluviómetro cada zona, últimos 10 años 102 mm máximo aguacero.	
733	14/05/2021	4768375	2046128	817	Lótico	Quebrada San Javier		Erodable. Obra ok.	
734	14/05/2021	4768666	2046994	820	Léntico	Laguna		Llena de macrófitas. Se avistó una Babilla.	
735	14/05/2021	4768661	2046978	820		Descarga Laguna			

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
736	14/05/2021	4769240	2046691	807	Lótico	Quebrada Miragatos			
738	14/05/2021	4769192	2046665	812		Estación IDEAM.			
739	14/05/2021	4769109	2045507	808		Canal acequia.		Para cultivos de arroz.	
740	14/05/2021	4767393	2045905	836		Captación acequia.		Para uso doméstico. Sistema pretratamiento desarenador.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
741	15/05/2021	4763418	2043946	929		Canal acequia.		Uso cultivos de arroz. Solicitar permiso.	
742	15/05/2021	4767738	2044762	825		Canal acequia.		Finca El Escobal. Para cultivos de arroz. Canal acequia pasa debajo de quebrapatas.	
743	15/05/2021	4768590	2044728	808		Vía		Con acequia a lado y lado.	
744	15/05/2021	4769595	2044288	791	Léntico	Laguna		Usos: cultivos de arroz y pesca. Pescadores en faena.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
745	15/05/2021	4769584	2044278	790		Canal acequia.		A un solo lado. Hacia la Laguna al otro lado casi seco. Al lado pequeño lote de Teca.	
746	15/05/2021	4769712	2044194	785		Canal acequia.		Cruza la vía.	
747	15/05/2021	4771145	2043543	751	Lótico	Quebrada Doima		Erodable. Crecida por lluvia en la mañana.	
748	15/05/2021	4771107	2043500	754		Canal		Rebose canales acequia por escorrentía y drene de cultivos de arroz.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
749	15/05/2021	4771104	2043492	754		Cultivo Maíz			
750	15/05/2021	4773259	2043793	711	Lótico	Quebrada Pedregosa		Ocuparía cauce si se usa.	
751	15/05/2021	4770028	2044395	774	Lótico	Quebrada Pedregosa		Erodable. Estructura fallada.	
752	15/05/2021	4770811	2044191	759	Lótico	Escorrentía			

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
753	15/05/2021	4771405	2043969	748		Canal acequia.		Manejo para cultivos arroz.	
754	15/05/2021	4774476	2044129	705		Punto crítico acceso.		Vía con radio pequeño, adecuar.	
755	15/05/2021	4772965	2040965	712	Lótico	Quebrada Zanja Honda		Erodable.	
756	15/05/2021	4772251	2039974	707	Lótico	Quebrada Guacarí		Paso quebrada sube la vía.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
757	15/05/2021	4772231	2039918	708	Lótico	Brazo quebrada Guacarí			
758	15/05/2021	4772211	2039597	714		Canal acequia.		Manejo de agua para cultivos arroz.	
759	15/05/2021	4770996	2038496	726	Lótico	Quebrada La Perica		Erodable.	
760	15/05/2021	4770677	2037889	743		Canal acequia.			

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
761	15/05/2021	4769456	2037058	748		Escorrentía		Escurre de potreros. No genera ocupación.	
762	15/05/2021	4762254	2044423	952		Punto crítico		Cruce vial. ¿Adecuar?	
763	15/05/2021	4761956	2044361	947	Lótico	Quebrada Honda		Va por debajo de terraplén vía Variante Bogotá.	
764	15/05/2021	4761138	2043241	942	Lótico	Quebrada El Rodeo		Aviso dice "Quebrada Zorro" y según Baquiano se llama "Quebrada San Rafaela". Pasa bajo terraplén vía.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
765	15/05/2021	4758835	2044669	1023		Cruce línea a vía terciaria		Canal acequia paralelo a línea.	
766	15/05/2021	4758840	2044774	1024		Acequia.		Línea cruza la acequia. Junto a la estación Mirolindo.	
767	15/05/2021	4758731	2044957	1032	Léntico	Laguna		Usos: cultivo arroz y pesca. Frente a estación Mirolindo.	
768	16/05/2021	4770549	2045249	770	Lótico	Río Opía		Semiestable.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
769	16/05/2021	4771605	2045452	748	Lótico	Quebrada San Javier		Erodable. Cruce infraestructura proyecto.	
770	16/05/2021	4771614	2045461	750		Afloramiento geología.		Conglomerados, bloques subangulosos.	
771	16/05/2021	4771575	2045472	754		Canal acequia.		Seco.	
772	16/05/2021	4771476	2045453	753	Léntico	Represa quebrada San Javier		Captación. Sacan agua para riego.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
773	16/05/2021	4770480	2046053	770	Lótico	Quebrada NN		Erodable. Cruce infraestructura proyecto.	
774	16/05/2021	4770412	2045879	771	Lótico	Quebrada San Javier		Erodable.	
775	16/05/2021	4770166	2045423	782		Manejo agua		Cultivos de arroz con agua libre.	
776	16/05/2021	4766574	2046379	855		Canal acequia.		Canaleta Parshall.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
777	16/05/2021	4766781	2046761	849	Lótico	Quebrada San Javier		Estable a erodable. Cruce infraestructura proyecto.	
778	16/05/2021	4766999	2046324	845		Canal acequia.			
779	16/05/2021	4766994	2046322	846		Canal acequia.		Bifurcación.	
781	16/05/2021	4772467	2045719	741	Lótico	Quebrada Armadillo 2.		Seco. Aguas abajo tiene agua. Cruce infraestructura proyecto.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
782	16/05/2021	4766009	2043027	844		Canal acequia.		Límite AI ok.	
783	16/05/2021	4765991	2043014	841	Lótico	Quebrada Guacarí		Recibe agua acequia.Límite AI ok.	
784	16/05/2021	4765857	2043111	852		Canal acequia.			
785	16/05/2021	4764780	2043710	876	Lótico	Quebrada Guacarí		Límite AI ok.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
786	16/05/2021	4764860	2043254	880	Léntico	Terraplén laguna			
787	16/05/2021	4764731	2043458	883		Canal acequia.			
788	16/05/2021	4764148	2044052	902	Léntico	Laguna		Para riego cultivos. No pescan porque está prohibido.	
789	16/05/2021	4764129	2044060	902		Canal acequia.		Viene de la acequia principal, no de laguna.	

Ibagué y Piedras (Tolima)

PUNTO WP	DIA	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [msnm]	TIPO CUERPO	NOMBRE	CAUDAL	COMENTARIOS	FOTOGRAFÍA
790	16/05/2021	4762372	2046014	949	Lótico	Río Opía		Bajo terraplén vía no se ve.	

\*Sistema de coordenadas CTM12.

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

#### 2.5.3.4.3 Fase postcampo

En la fase de oficina se procesó, analizó y presentó la información de acuerdo con lo indicado en el numeral 5.1.4 "Hidrología" de los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de Uso de Energía Solar Fotovoltaica TdR-015 (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2017), lo enunciado en el numeral 5.1.6 "Hidrología" de los Términos de Referencia - EIA –Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica TdR-17 (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018) y lo indicado en el numeral 4.1.4 "Hidrológico" de la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018).

El procesamiento de información espacial se realizó en el sistema de información geográfica QGis de licencia abierta (QGIS User Guide. Publicación 3.4. Manual de usuario, 2020). Los procesos espaciales son: localización de los puntos registrados en campo, delimitación de las unidades hidrográficas y el área de influencia del proyecto, y la estimación de parámetros morfométricos.

Se realizó un refinado de la red hidrográfica a partir de la cartografía base 1:25.000 del IGAC, de la imagen satelital adquirida por el proyecto y de los puntos de control que fueron levantados en campo. El resultado final fue una red hidrográfica validada en campo que está acorde con la realidad del territorio, la cual tiene leves variaciones con respecto a la cartografía base del IGAC.

Se analizó la recarga hídrica a partir de las coberturas vegetales, la pendiente del terreno y las texturas de suelos, ya que estos son los elementos biofísicos que afectan la ocurrencia del fenómeno de recarga.

A su vez, los patrones de drenaje y la descripción de la red hidrográfica se realizaron a partir de la revisión de la red hidrográfica contenida en la cartografía base del IGAC en escala 1:100.000 y 1:25.000 y de las observaciones de campo. La jerarquización y codificación de las unidades hidrográficas se realizó con base a la "Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia" (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2003).

En cuanto a la morfometría se estimaron los parámetros: área [ha], perímetro [km], longitud del cauce principal [km], elevación máxima del cauce principal [msnm], elevación mínima del cauce principal [msnm], pendiente media del cauce principal [msnm], elevación media de la cuenca [msnm], elevación máxima de la cuenca [msnm], elevación mínima de la cuenca [msnm], pendiente media de la cuenca [%], índice de compacidad, factor de forma, tiempo de concentración con las metodologías Kirpich, Témez, Giandoti y SCS Ranser, longitud de drenajes [km], densidad de drenajes [km/km<sup>2</sup>]. Estos parámetros se calcularon como se indica en los textos de hidrología: "Handbook of Applied Hydrology" (Chow, Maidment, & Mays, 1964) y "Fundamentos de Hidrología de Superficie" (Aparicio, 1992).

Los análisis estadísticos de la información de caudales llevados a cabo fueron: consistencia, homogeneidad, llenado de datos, extensión y actualidad, y estadística básica. Estos análisis se realizaron en los softwares Excel y PAST (Hammer, Harper, & Ryan, 2001), teniendo en cuenta las prácticas hidrológicas recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial (Organización Meteorológica Mundial - OMM, 2011).

El régimen de caudales y los caudales característicos de las cuencas asociadas a los cuerpos de agua afectables por el proyecto fueron estimados a partir del método de caudal-área-precipitación. La CDC sintética se calculó siguiendo la metodología presentada en el libro Diseño Hidrológico (Fattorelli & Fernández, 2011).

Los caudales extremos fueron calculados por el método de superposición de factores de frecuencia y por el método de trasposición de caudales máximos descrito en el "Manual de Drenaje para Carreteras" (Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2009).

El análisis de la susceptibilidad a la inundación se realizó a partir de información levantada en campo y capas temáticas elaboradas en el marco del presente EIA. La construcción del mapa de susceptibilidad a la inundación del AI del proyecto se realizó siguiendo los lineamientos de la Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación (IDEAM, 2017), que dicta que la información básica requerida está referida a los sistemas morfogénéticos y a la geomorfología del terreno. El análisis de la amenaza de inundación se realizó a partir de información oficial del IDEAM (capas de inundaciones eventos Niña), información levantada en campo, capas temáticas, análisis hidrológico de

caudales extremos y modelos hidráulicos aproximados elaborados en el marco del presente EIA. La construcción del mapa de amenaza de inundación del AI del proyecto se realizó siguiendo los lineamientos de la Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación (IDEAM, 2017).

La metodología empleada para determinar el acotamiento de la ronda hídrica de los drenajes en el AI se realizó teniendo en cuenta los lineamientos de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, del MADS y la Resolución 0957 del 31 de mayo de 2018 que da alcance a lo establecido en el Decreto 2245 de 2017; se aterrizaron estas guías a la escala de trabajo del EIA y se propendió por utilizar los insumos ya elaborados en el presente EIA con el fin de guardar concordancia con lo presentado en la totalidad del documento.

Por último, el caudal ambiental y los índices hidrológicos: índice de aridez (IA), índice de uso del agua (IUA), índice de retención y regulación hídrica (IRH) y el índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH); se calcularon con base en las consideraciones teóricas y conceptuales del Estudio Nacional del Agua – ENA 2010 (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2010), el Estudio Nacional del Agua – ENA 2014 (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2015) y el Estudio Nacional del Agua – ENA 2018 (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2018).

### 2.5.3.5 Usos del agua

---

La metodología para el componente usos del agua se desarrolló en tres etapas: precampo, campo y oficina.

#### 2.5.3.5.1 Fase de precampo

Se revisaron los requerimientos establecidos por la ANLA en el numeral 5.1.6 "Usos del agua" de los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de Uso de Energía Solar Fotovoltaica TdR-015 (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2017), así como lo acotado en el numeral 5.1.8. "Usos del Agua" de los Términos de Referencia - EIA –Sistemas de Transmisión de Energía

---

Eléctrica TdR-17 (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018) y lo indicado en los numerales 4.1.4.1 y 4.1.4.2 llamados "Usos del agua" de la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018), identificándose la necesidad de levantar la información de usos del agua simultáneamente con el componente de hidrología, en los mismos puntos de control propuestos para dicho componente (Tabla 2.5-23 y Figura 2.5-38) para tener un levantamiento de información amplia y suficiente en el área de influencia del proyecto.

#### 2.5.3.5.2 Fase de campo

Para el levantamiento de información en campo se usó un GPS Garmin 62sc, una cámara GoPro Hero8 Black (ver Fotografía 2.5-6) y en el formato de recolección de información del componente hidrológico (ver Figura 2.5-41). Se visitaron los puntos de control propuestos en la etapa precampo para el componente hidrológico (ver Tabla 2.5-23) del 12 al 16 de mayo de 2021 en compañía de baquianos y se hizo la identificación de usos y usuarios del agua en los puntos en que se hallaron usos a partir del procesamiento del set de 116 puntos de control verificados en terreno para el componente hidrológico.



### Fotografía 2.5-6 Equipos de campo usos del agua

#### 2.5.3.5.3 Fase postcampo (Oficina)

En esta etapa se tomó la información de los usos y usuarios del agua inventariados en la fase de campo y se categorizaron conforme a los usos estipulados en el artículo 2.2.3.2.7.6 del Decreto 1076 de 2015.

Además, se hizo la solicitud de información sobre usos y usuarios del agua a CORTOLIMA, y se revisó la información secundaria disponible en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Coello (Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA, 2020) y del río Totare (Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA, 2020), así como la información disponible en el POT de Ibagué (Alcaldía de Ibagué, 2014) y el EOT de Piedras (Concejo Municipal de Piedras, 2018).

#### 2.5.3.6 Calidad de agua

---

De acuerdo con la clasificación establecida por el IDEAM (unidades hidrográficas), se seleccionaron las corrientes hídricas superficiales del EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, sobre las cuales se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica y bacteriológica. La escogencia de dichos cuerpos de agua se dio teniendo en cuenta aspectos tales como:

1. Caracterización de las unidades hidrográficas
2. Uso dado a la corriente de agua (consumo, pecuario, agrícola y/o recreativo)
3. Si son o no susceptibles de intervención por el proyecto
4. Aproximación a actividades del proyecto

Durante la visita de campo los puntos seleccionados para el monitoreo fueron georreferenciados con el fin de justificar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal y de esta manera establecer la base para la red de monitoreo que

permita el seguimiento del ecosistema hídrico durante la duración del proyecto, dicha caracterización se ejecutó en la época de lluvia.

#### 2.5.3.6.1 Fase Precampo

Para la construcción de este componente, se realizó la recopilación y revisión de documentación secundaria. Del mismo modo, se ejecutó la interpretación de las corrientes hídricas que se encuentran dentro del área del proyecto utilizando cartografía oficial del IGAC escala 1:25.000, con el objeto de definir preliminarmente las unidades hidrográficas y principales cuerpos de agua de la cuenca que abarque el área del proyecto.

Esta información permite obtener una evaluación preliminar del área de estudio y permite establecer hasta donde se debe realizar la caracterización de las corrientes hídricas en la fase de campo.

Por otra parte, se verifica la normatividad vigente que establece los estándares de la calidad del agua para los diferentes usos que puede prestar el recurso hídrico; actualmente se encuentra en vigencia el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), que acogió el Decreto 1594 de 1984.

Así mismo, para el desarrollo de este componente se siguieron los lineamientos indicados en los diferentes protocolos y guías desarrolladas por diferentes autoridades ambientales y adoptados mediante resolución por el hoy MADS, entre los cuales se tienen vigentes, el Estudio Nacional del Agua del 2014 (IDEAM), el Reporte de Avance del Estudio Nacional del Agua 2018 (IDEAM) y Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en el año 2018 así como también en los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de uso de energía solar Fotovoltaica (Tdr-015).

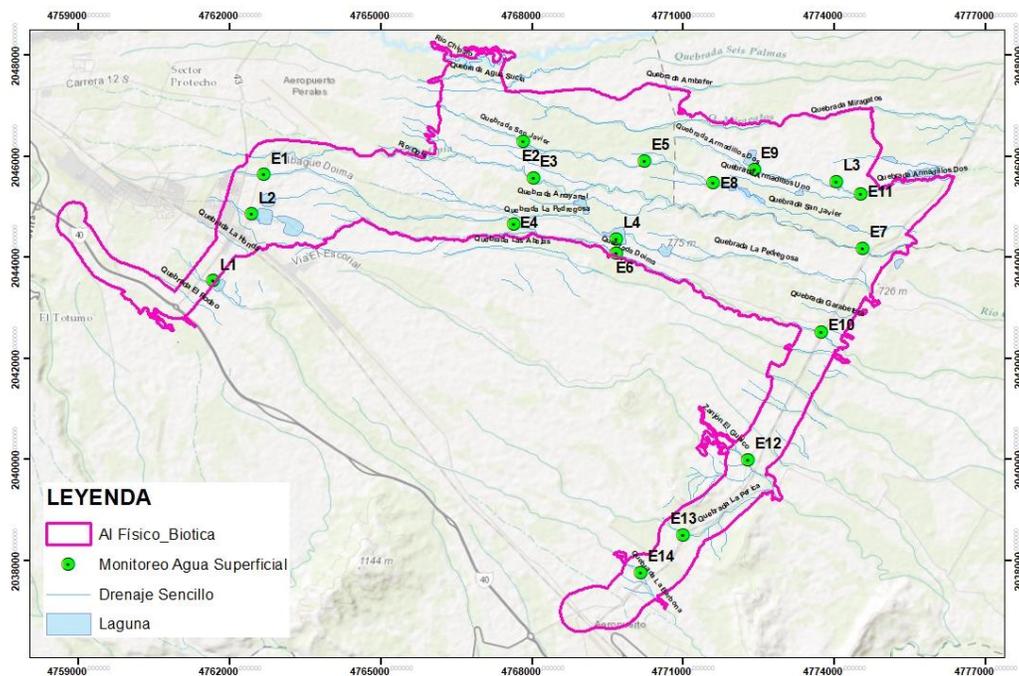
Teniendo en cuenta los insumos mencionados, se realizó la planeación y logística del trabajo de campo, que incluyó la determinación de los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrobiológicos a analizar por el laboratorio, la definición preliminar de los puntos de muestreo, la logística en campo para la verificación de los cuerpos de agua, tanto de los sistemas lóticos y lénticos a monitorear y el acceso a los puntos de muestreo.

Para definir los puntos de monitoreo de calidad de agua, fue necesario identificar y establecer los cuerpos de agua lénticos y lóticos representativos del área de interés, y que representan la línea base para el estudio. También se identificaron los cuerpos de agua que serán intervenidos por el proyecto (ocupaciones de cauce) y que requieren monitoreo, en cumplimiento a lo establecido en los términos de referencia Tdr-015.

Teniendo en cuenta lo anterior, en total se monitorearon 18 puntos, de los cuales 14 corresponden a cuerpos de agua lóticos y 4 a cuerpos de agua lénticos (Figura 2.5-43), distribuidos de la siguiente manera: Para cuerpos de agua lóticos, tres (3) puntos sobre la Quebrada Doima, tres (3) puntos sobre Quebrada San Javier, tres (3) puntos sobre la Quebrada Opia, dos (2) puntos sobre la Quebrada Armadillos, un (1) punto sobre la Quebrada San Javier El Guaico, un punto (1) sobre la Quebrada La perica, y un (1) punto sobre la Quebrada La Barbona y para cuerpos de agua lénticos, dos (2) aguas arriba del proyecto, un (1) punto en zona confluencia en medio del área del influencia y un (1) punto aguas abajo del área del desarrollo del proyecto.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Figura 2.5-43 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua e hidrobiológicos



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

En la

Tabla 2.5-27 se muestran las coordenadas de los puntos de monitoreo en los diferentes cuerpos de agua para la caracterización fisicoquímica y bacteriológica.

Ibagué y Piedras (Tolima)

**Tabla 2.5-27 Coordenadas de los puntos de monitoreo para la caracterización fisicoquímica y bacteriológica**

Código de la estación	Nombre de la estación	Coordenada			Temporada			
					Lluvias		Seca	
		(Datum Magna Sirgas Origen Nacional)			Fecha de Monitoreo	Hora de muestreo	Fecha de Monitoreo	Hora de muestreo
		E	N	Z				
<b>E1</b>	Quebrada Doima	4762702	2045644	935 m	2021/06/09	12:07 m	2021/08/04	9:20 am
<b>E2</b>	Quebrada San Javier	4767835,09	2046299,82	841 m	2021/06/10	9:50 a. m.	2021/07/27	11:01 am
<b>E3</b>	Quebrada Opia	4768040,37	2045579,24	848 m	2021/06/10	13:15 pm	2021/07/27	13:40 pm
<b>E4</b>	Quebrada Doima	4767649,49	2044661,85	852 m	2021/06/09	9:20 a. m.	2021/07/26	13:30 pm
<b>E5</b>	Quebrada San Javier	4770250,17	2045907,4	710 m	2021/06/15	15:30 pm	2021/07/27	8:52 am
<b>E6</b>	Quebrada Opia	4769718,16	2044192,91	710 m	2021/06/15	11:17 a. m.	2021/07/28	13:28 pm
<b>E7</b>	Quebrada Opia	4774569,24	2044174,82	713 m	2021/06/17	13:21 pm	2021/08/02	12:30 m
<b>E8</b>	Quebrada San Javier	4771613,64	2045472,98	723 m	2021/06/16	9:22 a. m.	2021/07/29	9:10 am
<b>E9</b>	Quebrada Armadillos	4772416,4	2045742,97	771 m	2021/06/16	13:48 pm	2021/07/29	11:42 am
<b>E10</b>	Quebrada Doima	4773745,26	2042511,1	660 m	2021/06/21	11:18 a. m.	2021/08/03	8:30 am
<b>E11</b>	Quebrada Armadillos	4774537,45	2045254,88	701 m	2021/06/17	11:35 a. m.	2021/07/29	13:18 pm
<b>E12</b>	Quebrada San Javier El Guaico	4772297,08	2039983,48	731 m	2021/06/21	14:10 pm	2021/08/03	11:15 am
<b>E13</b>	Quebrada La Perica	4771009,04	2038494,05	722 m	2021/06/22	9:30 a. m.	2021/08/03	14:01 pm
<b>E14</b>	Quebrada La Barbona	4770172,5	2037749,81	741 m	2021/06/22	11:50 a. m.	2021/08/04	11:40 am
<b>L1</b>	Lentico 1	4761693,56	2043539,79	946 m	2021/06/21	8:00 am	2021/07/29	15:50 pm
<b>L2</b>	Lentico 2	4762459,14	2044860,57	914 m	2021/06/21	8:08 am	2021/07/28	8:00 am
<b>L3</b>	Lentico 3	4774044,51	2045501,79	711 m	2021/06/17	8:50 am	2021/08/02	9:08 am
<b>L4</b>	Lentico 4	4769584,20	2044273,11	754 m	2021/06/09	12:57 m	2021/07/26	9:00 am

Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se determinaron a partir de los lineamientos de los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de uso de energía solar Fotovoltaica (Tdr-015) de 2017, teniendo en cuenta la posible intervención, afectación y usos del recurso hídrico. Los parámetros que se analizaron en los puntos de monitoreo de calidad de agua y las especificaciones técnicas de análisis se presentan en la Tabla 2.5-28.

**Tabla 2.5-28. Especificaciones técnicas del análisis in situ y de laboratorio**

Parámetro	Técnica analítica	Referencia	Límite de cuantificación	Unidades
Temperatura del agua	Termométrico	SM 2550B	N.A	°C
pH	Electrométrico	SM 4500 H+B	N.A	Unidades
Conductividad eléctrica	Electrométrico	SM 2510	0	μS/cm
Oxígeno disuelto	Electrométrico	SM 4500-O G	0,1	mg/L
Cloruros	Método Argentométrico	SM 4500 Cl-B	9,9	mg Cl-/L
Coliformes fecales Termotolerantes	Sustrato enzimático multicelda	SM 9223 B Modificado	1	NMP/100 mL
Coliformes Totales	Sustrato enzimático multicelda	SM 9223 B	1	NPM/100 ml
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Reflujo cerrado y colorimetría	SM 5220 D	5	mg O2/L
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	Incubación 5 días y Luminiscencia	SM 5210 B, ASTM D 888-12 METODO C	5	mg O2/L
Fenoles	Destilación - Fotométrico Directo	SM 5530 B,C SM 5530 B,D	0,1	mg Fenol/L
Fósforo Total	Digestión -colorimetría con Ácido Ascórbico	SM 4500-PB-E	0,07	mg P/L
Grasas y aceites	Espectrofotometría Infrarrojo	NTC 3362:2005-06-29, Numeral 4, Método C	0,2	mg/L
Hidrocarburos	Espectrofotometría Infrarrojo	NTC 3362:2005-06-29, Numeral 7,Método F.	0,2	mg/L
Nitrógeno Total	Digestión - Kjeldahl	Semi-micro Kjeldahl SM 4500-Norg C, SM 4500 NH3 B, C	3	mg N/L

Parámetro	Técnica analítica	Referencia	Límite de cuantificación	Unidades
Potasio Total	Digestión-AA-Llama Aire Acetileno	SM 3030 E, SM 3111 B	0,125	mg K/L
Sólidos Disueltos Totales	Gravimétrico - Secado a 180 °C	SM 2540 C	10	mL/L
Sólidos sedimentales	Cono Imhoff	SM 2540F	0,1	mg/L
Sólidos suspendidos totales	Gravimetría Secado 103-105°C	SM 2540D	10	mg/L
Sulfatos	Turbidimetría	SM 4500 SO4 E	5	mg SO4/L
Surfactantes: Aniónicos como SAAM	Extracción líquido-líquido, Colorimetría	SM 5540C	0,5	mg SAAM/L
Turbidez	Nefelometría	SM 2130B	1	NTU

Fuente: Standard Methods ed. 23rd (2017)

### 2.5.3.6.2 Fase de Campo

Con base en la información obtenida en la etapa precampo, el trabajo de campo tuvo como fin realizar el recorrido y la validación de los puntos de monitoreo, así como el acompañamiento y asesoría del laboratorio contratado para la toma de muestras y mediciones *in situ* en los puntos avalados para la ejecución de los monitoreos, siguiendo los lineamientos de las guías anteriormente mencionadas y los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de uso de energía solar Fotovoltaica (Tdr-015).

Por otra parte, como se describió anteriormente, en los puntos seleccionados para el monitoreo de cuerpos de agua se confirmó su proximidad a las actividades del proyecto, la representatividad para la caracterización del área, vías de acceso y con ellos las ocupaciones de cauce.

El monitoreo de las fuentes hídricas se realizó bajo los lineamientos definidos en el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 23ª edición, 2017 de la "U.S. EPA"; este se llevó a cabo durante dos temporadas climáticas correspondientes

a época lluviosa entre el 8 y el 22 de junio de 2021 y época seca entre 26 de julio y el 4 de agosto de 2021. La toma de muestras fue realizada por el Laboratorio de BIOTA CONSULTORÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S, bajo la Resolución de acreditación No. 3183 de 2018, y los análisis correspondientes fueron ejecutados por el Laboratorio CHEMILAB, el cual cuenta con acreditación del IDEAM bajo la Resolución No. 0288 de 2019. Los soportes de los resultados de laboratorio se presentan en el Anexo D.1.MEDIO ABIÓTICO-CALIDAD DEL AGUA

Los parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y el caudal se midieron *In situ*. Para las demás variables a evaluar, se colectaron las muestras de agua, las cuales posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis. Para ello, las muestras fueron preservadas, empacadas y transportadas, como se describe a continuación:

#### 1. Recipientes

La preparación de los recipientes utilizados para la recolección de las muestras se realizó según los procedimientos establecidos en el laboratorio de aguas, siguiendo las especificaciones del Standard Methods ed. 23th (2017) la rotulación de los envases se realiza antes de cada muestreo, teniendo cada rótulo como mínimo la siguiente información: lugar y fecha de muestreo, hora, parámetro a evaluar, preservación y personal encargado. El rotulo garantizó la identificación, así mismo, los envases evitaron el deterioro de la muestra.

De igual manera, los materiales de control de calidad en campo (blancos y muestras tomadas por duplicado) que requirió el plan de muestreo (Biota016-21) fueron rotulados, procesados, tratados y preservados de forma idéntica a las muestras.

#### 2. Calibración y/o verificación de la calibración de equipos de medición

La calibración y verificación del equipo de medición de parámetros *in situ* (Equipo HACH HQ40d) se realizó con las soluciones buffer necesarias. El equipo fue calibrado

previamente en el laboratorio y al inicio de cada jornada. Estas operaciones se llevaron a cabo de acuerdo con los manuales instructivos implementados por el laboratorio.

Los resultados de la calibración y de la verificación de cada parámetro se registraron en el formato de parámetros fisicoquímicos *in situ*, a su vez se relacionó el lote de los estándares utilizados durante la calibración con el fin de asegurar la trazabilidad de las mediciones realizadas.

### 3. Ubicación y limpieza del punto de muestreo

El punto de muestreo se ubicó según las coordenadas dadas, una vez ubicado se realizó una limpieza de sus alrededores para garantizar la seguridad de las operaciones y evitar la contaminación de las muestras. Según sea el caso, se retiraron los objetos, maleza, residuos y/o sustancias que pudieran obstaculizar la representatividad del sistema de agua.

### 4. Registro de la información del punto de muestreo

Durante el monitoreo, se registró la información de cada punto de muestreo en los formatos denominados "Solicitud de análisis y cadena de custodia", "Reporte de campo Fisicoquímico *in situ*" y "Descripción estaciones de muestreo", los cuales se presentan en el Anexo D.1.MEDIO ABIÓTICO-CALIDAD DEL AGUA; la información del cliente, lugar y fecha, equipos de medición, características del sitio de muestreo y sus alrededores y las observaciones a que haya lugar, incluyendo condiciones ambientales, condiciones de monitoreo, tipo de sistema, entre otros.

### 5. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo realizado a las aguas superficiales del área de influencia del proyecto fue de tipo integrado. A continuación se describe el protocolo:

Ibagué y Piedras (Tolima)

- Medición in-situ de oxígeno disuelto, pH y conductividad mediante medidor multiparámetro HQ40d (Fotografía 2.5-7).
- Medición in-situ de la temperatura del agua a través de un termómetro digital.
- Toma de muestras puntuales para los análisis de: DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno), coliformes fecales y totales, grasas y aceites (Fotografía 2.5-8).
- Toma de muestras puntual para el análisis de los parámetros a evaluar.
- Preservación (acidulación) de las muestras que lo requieren y refrigeración.
- Envío de las muestras al laboratorio para su análisis.



**Fotografía 2.5-7 Medición de los parámetros fisicoquímicos in situ.**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**



Fotografía 2.5-8 Toma de muestras puntuales

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

## 6. Embalaje de las muestras

Tan pronto se obtuvo la muestra ésta fue envasada y almacenada con suficiente hielo para garantizar que se alcance una temperatura cercana a 4°C para reducir la volatilización, biodegradación.

No se emplearon hielo seco ni aditivos congelantes, para evitar que las muestras se congelaran además los recipientes podrían destaparse o romperse y se podrían alterar las características de las muestras.

En la Tabla 2.5-29 se relacionan los parámetros analizados, tipo de recipiente, capacidad de este y preservante, de acuerdo con el "Standard Methods for examination of water and wastewater. 23rd edition. 2017". Las muestras fueron rotuladas, refrigeradas y enviadas vía terrestre para su posterior análisis.

**Tabla 2.5-29. Requerimientos de manipulación y preservación de las muestras**

Parámetro	Volumen (ml)	Recipiente	Preservación	Tiempo de almacenamiento
Análisis in situ				
Oxígeno disuelto	300	Vidrio	Fijación, Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	8 horas
pH	50	Plástico/vidrio	inmediato	Inmediato
Conductividad eléctrica	500	Plástico/vidrio	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 días
Sólidos disueltos totales	1000	Plástico/ vidrio	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 días
Temperatura del agua	50	Plástico/vidrio	Inmediato	Inmediato
Análisis de laboratorio				
Cloruros	100	Plástico/vidrio	Ninguno	28 días
Coliformes fecales Termotolerantes	100	Plástico/vidrio	Refrigerar $4\pm 2^{\circ}\text{C}$	12 horas
Coliformes Totales	100	Plástico/vidrio	Refrigerar $4\pm 2^{\circ}\text{C}$	12 horas
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	100	Plástico/vidrio	Adicionar $\text{H}_2\text{SO}_4$ con $\text{pH} < 2$ ; Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7/28 días
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	1000 sin presencia de burbujas	Plástico/vidrio	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7/48 horas
Fenoles	1000***	Plástico/vidrio	Adicionar $\text{H}_2\text{SO}_4$ con $\text{pH} < 2$ ; Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	1.28 días hasta la extracción.
Fósforo Total	100	Plástico/vidrio	$\text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{pH} < 2$ . Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	28 días
Grasas y aceites	250g	Vidrio boca ancha	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	30 días
Hidrocarburos	250g	Vidrio boca ancha	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	30 días

Ibagué y Piedras (Tolima)

Parámetro	Volumen (ml)	Recipiente	Preservación	Tiempo de almacenamiento
Nitrógeno Total	500	Plástico/vidrio	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> con pH <2; Refrigerar ≤ 6°C	7/28 días
Potasio Total	100	Plástico/vidrio	Metales disueltos: Filtrar en campo y acidular con HNO <sub>3</sub> pH <2.	6 meses
Sólidos sedimentales	2000	Plástico/vidrio	Refrigerar ≤ 6°C	7 días
Sólidos suspendidos totales	1000	Plástico/vidrio	Refrigerar ≤ 6°C	7 días
Sulfatos	200	Plástico/vidrio	Refrigerar ≤ 6°C	28 días
Surfactantes: Aniónicos como SAAM	250	Plástico/vidrio	Refrigerar ≤ 6°C	48 horas
Turbidez	200	Plástico/vidrio	Enfriar ≤ 6°C	24/48 horas

Fuente: Standard Methods ed. 23th (2017)

## 7. Custodia de las muestras

Los responsables del muestreo mantuvieron la custodia permanente de las muestras hasta que fueron entregadas al laboratorio y/o al siguiente encargado de la custodia. Esto implicó la permanente atención a las neveras para asegurar que nadie diferente a los responsables tuviera acceso a las muestras. Así mismo, se verificaron las condiciones de seguridad de las neveras para garantizar que las muestras no se extraviaran, abrieran, maltrataran o alteraran.

## 8. Transporte de las muestras al laboratorio

Se verificó que cada nevera contuviera suficiente hielo para asegurar que la refrigeración se mantuviera hasta la llegada al laboratorio. También se verificó que la tapa de cada nevera quedara bien cerrada y que no se saliera de su sitio durante el viaje.

La manipulación de las neveras fue cuidadosa, asegurando mantenerlas en posición horizontal, no golpearlas, no ubicarlas cerca de productos volátiles o corrosivos y mantenerlas alejadas de fuentes de calor.

Se aseguraron las neveras al vehículo de transporte para que no se maltrataran en el viaje.

Se verificó periódicamente el estado de las muestras y su debida refrigeración, si el hielo se había fundido en su mayor parte se agregó más hielo.

Cada nevera se amarró con cinta de embalaje (ancha transparente) o con zuncho plástico.

El servicio de transporte elegido garantizó la entrega de las muestras al laboratorio en el menor tiempo posible y con un adecuado manejo.

#### 9. Medición de caudal

Se tuvieron en cuenta las medidas de seguridad, así como las condiciones de los cuerpos de agua, garantizando la representatividad del aforo.

La ubicación del punto de medición se realizó de acuerdo con las coordenadas previamente establecidas, no obstante, si el punto de medición no presentaba características uniformes (exceso de rocas, troncos, vegetación y/o cualquier otro obstáculo), se realizó un desplazamiento aguas arriba o aguas abajo hasta encontrar las características de uniformidad en la sección transversal del cuerpo de agua.

La sección transversal en donde se realizó el aforo presentó líneas de flujo uniformes y paralelas a las márgenes del cauce, sin turbulencias, remolinos, contracorrientes y zonas muertas que pudieran afectar la medición de la velocidad.

El aforo se realizó en la sección transversal del cuerpo de agua donde se hicieron mediciones de velocidad utilizando un micromolinete en varios puntos de la vertical.

La sección transversal seleccionada cumplió los siguientes requerimientos técnicos y logísticos:

- Estar situada en un tramo recto de la corriente. En lo posible, la longitud del tramo tenía un mínimo equivalente a cinco veces el ancho de la sección.
- Márgenes con taludes naturales sobresalientes de manera que no se produzcan desbordamiento durante las crecidas
- Dirección de la corriente paralela, para diferentes estados del río.
- Pendiente constante y distribución uniforme de velocidades, evitando aquellas secciones que no lo sean.

El procedimiento consistió en medir inicialmente el ancho total del cuerpo de agua y posteriormente tomar puntos de medición de velocidad en una línea transversal a la dirección de la corriente de agua (es decir a lo ancho del sistema), teniendo presente la distancia de cada punto a la orilla (Fotografía 2.5-9).



Fotografía 2.5-9 Aforo de caudal

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

El caudal total es igual al promedio de velocidad de las diferentes mediciones realizadas multiplicado por el área total de la sección monitoreada. Los datos son registrados en el FORMATO REPORTE DE CAMPO DE AFORO F-PMO01-06, en el cual se realiza un esquema del perfil del cuerpo de agua.

Es importante resaltar que se tuvo en cuenta las dimensiones del cuerpo de agua para la correcta estimación de su caudal correspondiente:

II De acuerdo con el ancho:

- Para cuerpos de agua con un ancho no superior a 0,3 m, se tomó una (1) medición en el centro de la sección transversal.
- En sistemas hídricos con un ancho entre 0,3 y un (1) m, se dividió la sección transversal en tercios y se tomaron las mediciones en el 1/3 y 2/3 del ancho total del cuerpo de agua.
- En corrientes con un ancho superior a un (1) m, se tomaron las mediciones en secciones que no superaron el 10% del ancho total del cuerpo de agua.

III En cada punto de medición se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones en relación con la profundidad:

- Para sistemas de profundidad no mayor a 0,5 m, no fue necesario tomar las mediciones de velocidad en la vertical, siendo suficiente la medición superficial (entre los 10-20 cm de profundidad) consignando el valor AVG, que corresponde al promedio de la velocidad dada por el equipo.
- En cuerpos de agua con profundidad entre 0,5 y 0,8 m se tomaron mediciones en dos (2) puntos de la vertical (a 0,2 y 0,8 de la profundidad total). consignando el valor AVG, que corresponde al promedio de la velocidad.
- Para corrientes de agua con profundidades mayores a 0,8 m se tomaron mediciones en tres (3) puntos de la vertical (a 0,2, 0,6 y 0,8 de la profundidad total), consignando el valor AVG, que corresponde al promedio de la velocidad.

La ecuación utilizada para el cálculo del caudal por el método área – velocidad es el siguiente:

$$Q = A \times V$$

Donde: Q = Caudal (en metros cúbicos por segundo, m<sup>3</sup>/s)

A = Área de la sección (en metros cuadrados m<sup>2</sup>)

V = Velocidad registrada (en litros, L)

#### 2.5.3.6.3 Fase Postcampo

Esta fase consistió en el procesamiento de la información de campo, análisis de las muestras en el laboratorio y generación del respectivo informe de resultados, análisis de estos, cálculos e interpretación de los índices de calidad del agua (ICA-NFS) desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NFS)<sup>1</sup>, mediante el Software Icatetest v1.0.0.44.

Para los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se efectuó una interpretación de las concentraciones obtenidas y se realizó una comparación con los criterios establecidos en la normatividad ambiental vigente Decreto 1076 de 2015 (Artículos 2.2.3.3.9.3., 2.2.3.3.9.4., 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.6, y 2.2.3.3.9.10), así como la relación existente entre parámetros y posteriormente la aplicación del índice de calidad de agua.

Finalmente, luego de obtener todos los resultados de los análisis de las muestras y la información levantada se generó la documentación correspondiente al componente de calidad del agua para el EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.

A su vez, se estimarán los Índices de Contaminación - ICO's, realizando los cálculos de:

- Índice de Contaminación por Materia Orgánica, ICOMO
- Índice de contaminación por sólidos suspendidos, ICOSUS
- Índice de contaminación Tráfico, ICOTRO
- Índice de contaminación pH, ICOpH

### 2.5.3.7 Geotecnia

---

La metodología utilizada para la caracterización del componente geotécnico fue la recomendada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en su "Metodología General para la elaboración y presentación de estudios ambientales (2018). Dentro de estas metodologías se presentan las fuentes de información oficial que deben ser consultadas para la elaboración de estudios ambientales para el componente geotécnico. Las fuentes de información oficiales consultadas corresponden al Servicio Geológico Colombiano, Unidad Nacional de Gestión del Riesgo y Desastres (UNGRD), CRA (Corporación Autónoma Regional del Atlántico) y la toma de información primaria. Se consultaron, además, los mapas temáticos y la estabilidad geotécnica presentada en los estudios ambientales realizados en cercanías al proyecto en mención.

#### 2.5.3.7.1 Fase campo

Los trabajos de campo para este componente se encuentran enfocados hacia la identificación de zonas de mayor o menor grado de estabilidad geotécnica en relación con la presencia o ausencia de fenómenos de remoción en masa y actividades antrópicas. Así como la identificación de coberturas de tierra, las cuales favorecen o controlan la ocurrencia de procesos morfodinámicos. Este reconocimiento de campo es fundamental en la zonificación geotécnica del área de estudio.

#### 2.5.3.7.2 Fase postcampo

La fase de post campo para el capítulo de geotecnia se encuentra orientada hacia la zonificación geotécnica ambiental del área de estudio. Para esto se realiza un análisis de la estabilidad geotécnica en el área de influencia con énfasis hacia la zonificación geomecánica, a partir de variables geo ambientales y del terreno, tales como: mapa de pendientes, génesis y evolución de las formas del terreno, clasificación litológica para cada una de las geoformas, descripción de las fallas presentes, cobertura vegetal, entre otros.

#### 2.5.3.7.3 Metodología estabilidad geotécnica

Con base en la metodología de Ambalagan (1992), presentada por J. Suárez en el libro Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales y el Método Heurístico de zonificación en la metodología de Vargas y Gómez, 1999 (en Vargas Cuervo, 1999), modificada de acuerdo al Área de estudio, se establece la caracterización geotécnica fundamentada en la clasificación o zonificación de áreas de estabilidad por rangos, las cuales se determinan de acuerdo con diferentes elementos seleccionados como: geomorfología, geología o tipo de material, cobertura vegetal, suelos, pendientes, hidrología, tectónica, riesgo sísmico y clima para establecer las condiciones y el grado de estabilidad geotécnica.

La metodología implementada en la zonificación geotécnica consiste en asignar una calificación a cada una de las categorías de las variables evaluadas; de acuerdo con las condiciones de inestabilidad o estabilidad que ofrece el terreno; donde cero (0), es el valor asignado a un terreno estable y uno (1) a un terreno en condiciones de inestabilidad. La Tabla 2.5-30, muestra el rango de valores para los parámetros en la zonificación geotécnica.

**Tabla 2.5-30 rangos de valores utilizados para los parámetros de estabilidad en la zonificación geotécnica**

ESTABILIDAD	VALOR
<b>Zona de estabilidad Muy Alta</b>	0,00 a 0,20
<b>Zona de estabilidad Alta</b>	0,21 a 0,40
<b>Zona de estabilidad Media</b>	0,41 a 0,60
<b>Zona de estabilidad Baja</b>	0,61 a 0,80
<b>Zona de estabilidad Muy Baja</b>	0,81 a 1,00

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

Luego se realizó la sumatoria de los pesos asignados e incrementados según el valor del factor de ponderación, obteniendo como resultado posible máximo nueve (9), siendo ésta la valoración máxima que se le asignaría a todos los factores si éstos indicaran una estabilidad geotécnica muy baja. Para ello, se efectúa un procesamiento de normalización de los valores mínimos y máximos encontrados y así se determina la calificación correspondiente a la estabilidad. Para equalizar un factor dado en el análisis de estabilidad geotécnica se incluye un factor de ponderación, que varía entre 1 y 2, el cual, para la zona de estudio, dadas las características encontradas es 1 (Tabla 2.5-31).

**Tabla 2.5-31 Factores evaluados para la zonificación geotécnica del área de estudio, con su respectivo factor de ponderación**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN
Pendientes	Ángulo de inclinación del terreno	1
Unidades Litológicas	Tipo de material litológico: arenitas bioclásticas con lodolitas y limolitas calcáreas	1
Cobertura Vegetal	Tipos de coberturas de la tierra según la clasificación de Corine Land Cover.	1
Geomorfología	Tipo de geoformas: Lomas Elongadas	1
Hidrogeología	Unidades de roca con capacidad alta, media o baja para almacenar agua	1
Hidrología	Capacidad de las corrientes para erosionar	1
Edafología	Unidad taxonómica de los suelos	1
Sismología	Grado de amenaza sísmológica de acuerdo con la NSR-10	1
Climatología	Precipitación. Zonas con mayor o menor grado de precipitación	1
<b>TOTAL, SUMATORIA</b>		<b>9</b>

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

Se debe tener en cuenta que los pesos que se le asigna a cada una de las variables son por consideraciones técnicas de cada componente ambiental (pendientes, unidades geológicas, subunidades geomorfológicas, cobertura vegetal, hidrología, hidrogeología,

climatología, sismología y edafología) a criterio profesional, mostrando cómo influyen estos factores en la estabilidad geotécnica del terreno

### 2.5.3.8 Hidrogeología

---

La exploración de aguas subterráneas comprende todos los estudios encaminados a la localización, definición de las dimensiones y caracterización de las zonas favorables para la acumulación de aguas subterráneas. El nivel de evaluación y alcance de la exploración hidrogeológica dependen de la escala de trabajo en donde se deben cumplir las siguientes etapas:

En la etapa 1 se encuentran estudios hidrogeológicos de reconocimiento a escalas iguales o menores de 1:500.000. Son estudios preliminares de una extensa región natural, una unidad hidrogeológica o un país entero. En esta etapa se identifican las estructuras y unidades hidrogeológicas de mayor interés, lo que permite planificar adecuadamente la siguiente etapa de exploración. La finalidad de esta etapa es presentar las condiciones hidrogeológicas generales del territorio mediante la compilación y síntesis de información secundaria, es de carácter orientativo y, por lo tanto, se debe realizar rápidamente.

Para la etapa 2 se presentan estudios de exploración y evaluación hidrogeológica regional de escalas 1:250.000 a 1:50.000, estos estudios son de evaluación y caracterización y permiten determinar las particularidades del origen, distribución y régimen de las aguas subterráneas en las estructuras hidrogeológicas definidas en la etapa anterior. En esta etapa se identifican, delimitan y caracterizan las estructuras hidrogeológicas y se estiman, a nivel de pronóstico, los recursos y reservas de agua subterránea. Los resultados de estos estudios permiten definir las áreas con mayor potencial para el aprovechamiento del agua subterránea y establecer pautas para su conservación y protección.

La etapa 3 considera estudios de exploración hidrogeológica de detalle a escala igual o mayor a 25.000, estos estudios permiten tener un conocimiento detallado de zonas específicas para el aprovechamiento de aguas subterráneas, termales y minerales, con el fin de localizar y diseñar obras de captación o resolver problemas específicos como contaminación, construcción de obras civiles, minería, entre otros. Este tipo de estudios generalmente son locales.

Debido a que la escala de trabajo para el presente estudio es 1:10.000, el tipo de estudio hidrogeológico mostrado a continuación tiene un alcance local.

Para el desarrollo del capítulo de hidrogeología es necesario tener en cuenta tres fases claramente diferenciables: fase de precampo, fase de campo y fase de postcampo.

#### 2.5.3.8.1 Fase de precampo

#### 2.5.3.8.2 Clasificación de las unidades hidrogeológicas

La fase de precampo para el capítulo de hidrogeología, se encuentra orientada hacia la consulta de estudios hidrogeológicos en cercanías o dentro del área del proyecto. Dentro de la información relacionada se consultó el Atlas de aguas subterráneas de Colombia: Mapa de unidades hidrogeológicas de la plancha 5-04, escala 1:500.000 realizada por el INGEOMINAS en el año 2000, así como el mapa hidrogeológico de Colombia, escala 1:2.500.000, realizado en el año 1989 por la misma entidad. En estos dos informes se definen las unidades hidrogeológicas de carácter regional en la zona de estudio del presente proyecto, así como sus características hidrogeológicas, capacidad específica promedio, direcciones de flujo regionales, permeabilidad y las formaciones geológicas asociadas, de las cuales, con base en su litología se define según su comportamiento hidrodinámico si es un acuífero, acuitardo, acuícludo o acuífugo. Con la información de las unidades hidrogeológicas identificadas en el área junto con la topografía y las

coberturas vegetales las cuales permiten o dificultan la infiltración de la escorrentía, se hace una identificación preliminar de zonas de recarga y descarga.

#### 2.5.3.8.3 Sondeos eléctricos verticales

Previo a la salida de campo, se hace una planificación de los sitios a visitar teniendo en cuenta las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la zona, basados en información secundaria.

- Si se cuenta con información de sensores remotos (imágenes satelitales u ortofotomapas con bandas en el espectro del infrarrojo cercano y/o de onda corta), se procesan dichos datos con algoritmos que permitan hacer un realce espectral y muestren sitios de interés hidrogeológico (manantiales, zonas de descarga, etc.).
- Para la definición de las áreas de influencia se tiene el flujo regional de las aguas subterráneas.
- También se planifica la campaña geofísica, (ya sean sondeos eléctricos verticales, como tomografía eléctrica) para la determinación de las características geométricas de los diferentes acuíferos.

#### 2.5.3.8.4 Fase de campo

Las labores de campo para el componente hidrogeológico se centran en el inventario de puntos de agua subterránea. Con el propósito de caracterizar las unidades hidrogeológicas y los parámetros hidrogeológicos básicos se realiza el inventario de manifestaciones y ocurrencias de puntos de agua subterránea en superficie. De esta manera se compila información que permite estimar la presión que las actividades antrópicas ejercen sobre el recurso hidrológico subterráneo. El inventario de puntos de agua subterránea es diligenciado dentro del Formulario Único Nacional para el Inventario

de Puntos de Agua Subterránea (FUNIAS), elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente.

## **Manantiales**

Los manantiales son puntos o áreas de la superficie del terreno donde de manera natural aflora un flujo de agua proveniente de un acuífero o embalse subterráneo (CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R). Dentro de los manantiales se diferencian los siguientes tipos

- **Manantiales por contacto geológico:** Este tipo de ocurrencia se da cuando hay una formación permeable sobre un estrato o formación de baja permeabilidad, resultando un manantial en el contacto entre ambos, debido a la imposibilidad de infiltración de las aguas subterráneas a través de los estratos de granos grueso sobre los de grano fino.
- **Manantiales por control estructural:** Este tipo de ocurrencias se producen a partir del movimiento relativo entre bloques a lo largo de fallas yuxtaponen formaciones permeables versus formaciones impermeables, también se pueden dar cuando existen patrones de fracturas en los diferentes acuíferos, haciendo que el agua subterránea aflore a través de las mismas.
- **Manantiales por depresión:** Este tipo de ocurrencia se da cuando la superficie del terreno se encuentra por debajo de la tabla de agua, formando una depresión, la cual puede crear un sistema de flujo local convirtiendo el manantial en un punto de descarga, dichas depresiones pueden ser creadas por acción eólica en zonas con arenas finas, deslizamientos que destapen el acuífero, actividad tectónica o por colapso de la superficie en caso de intervención antrópica.

- Manantiales kársticos: Este tipo de ocurrencia se da sobre formaciones de calizas y dolomitas, donde comúnmente los manantiales descargan hacia cavernas que están siendo disectadas por la incisión de los drenajes superficiales.

### **Aljibes**

Los aljibes corresponden a excavaciones antrópicas las cuales tienen como objetivo captar el flujo de las aguas subterráneas en los niveles más superficiales, estos se caracterizan por ser de escasa profundidad normalmente no exceden los 15 m, y tener un diámetro alrededor de un metro el cual permita una fácil extracción. Este tipo de captación se hace normalmente sobre depósitos no consolidados, los cuales aportan caudales bajos y son usados para ganadería, y para uso doméstico.

### **Pozos**

Los pozos son perforaciones recubiertas, las cuales tienen como objetivo captar flujos de agua subterránea en los niveles más profundos del acuífero de interés, estos se caracterizan por tener profundidades superiores a los 15 m y diámetros entre los 8 y 60 cm. Este tipo de captación antrópica se hace sobre depósitos no consolidados, rocas sedimentarias que conforman acuíferos de flujo intergranular. Estas obras aportan grandes caudales de agua y son usados para ganadería, agricultura, industria y uso doméstico.

La información es consignada en el FUNIAS (Figura 2.5-44)

Ibagué y Piedras (Tolima)

FORMULARIO UNICO NACIONAL PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA		INGEOMINAS INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA		Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Viceministerio de Ambiente		IDEAM	
<b>1. INFORMACION GENERAL</b>							
Nombre del Proyecto: _____						Fecha: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Diligenciado Por: _____				Consecutivo: _____			
Tipo de Punto:                      Pozo <input type="checkbox"/> Aljibe <input type="checkbox"/> Manantial <input type="checkbox"/> Piezometro <input type="checkbox"/>							
Condiciones del Punto: <input type="checkbox"/> Productivo <input type="checkbox"/> Reserva <input type="checkbox"/> Abandonado <input type="checkbox"/> Inactivo <input type="checkbox"/> Sellado <input type="checkbox"/> Monitoreo    Otro-Cual? _____							
<b>2. FUENTES DE INFORMACION</b>				Información Suministrada Por:			
Recopilada en Campo <input type="checkbox"/> Reporte o Archivo <input type="checkbox"/> Constructor <input type="checkbox"/> Propietario <input type="checkbox"/> Estudios Anteriores <input type="checkbox"/>				Nombre _____ Municipio _____ Direccion _____ Telefono - Celular _____ Correo Electronico _____			
Observaciones: _____							
Propietario Persona Natural Nombre _____ Documento de Identidad _____ Municipio _____ Direccion _____ Telefono - Celular _____ Correo Electronico _____ No Tiene				Propietario Persona Jurídica Razon Social _____ Nit _____ Representante Legal _____ Municipio _____ Direccion _____ Telefono - Celular _____ Correo Electronico _____			
<b>3. INFORMACION DEL PUNTO</b>							
Legalizacion del Punto:    Esta legalizado? <input type="checkbox"/> No		Resolucion No. _____		Fecha Expedicion <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		Vencimiento <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Nombre del Concesionario _____		Caudal Concesionado _____		No. Expediente _____			
Identificacion del Punto:							
Plancha: _____		Escala: _____		Otra Identificacion: _____			
Localizacion del Punto							
Departamento: _____		Elipsoide de Referencia: _____		Longitud: _____		Metodo de medida de la cota:    GPS <input type="checkbox"/>	
Municipio: _____		Origen de Coordenadas Planas: _____		Latitud: _____		Altimetro <input type="checkbox"/>	
Vereda: _____		Y (N-S): _____		X (E-W): _____		Nivelacion <input type="checkbox"/>	
Nombre del lugar (Barrio, Finca, Predio) _____		Cuenca Hidrografica: _____		Cota: _____		Mapa <input type="checkbox"/>	
<b>4. CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS, CLIMATICAS, GEOMORFOLOGICAS Y GEOLOGICAS</b>							
Topografia:		Geoformas:		Condicion Climatica:		Litologia:	
Depresion <input type="checkbox"/>		Abanico aluvial <input type="checkbox"/>		Periodo Humedo <input type="checkbox"/>			
Planicie <input type="checkbox"/>		Cauce aluvial <input type="checkbox"/>		Periodo seco <input type="checkbox"/>			
Altiplanicie <input type="checkbox"/>		Llanura aluvial <input type="checkbox"/>					
Piedemonte <input type="checkbox"/>		Terraza <input type="checkbox"/>					
Ladera <input type="checkbox"/>		Duna <input type="checkbox"/>					
Colina <input type="checkbox"/>		Dolina <input type="checkbox"/>					
Otra <input type="checkbox"/>		Playa <input type="checkbox"/>					
Cual? _____		Otro <input type="checkbox"/>		Cual? _____ Escarpe _____			
Unidad Geologica: _____							

**Figura 2.5-44 Formulario único nacional para inventario de puntos de agua subterránea (primera página)**

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

Para la determinación de la profundidad del nivel freático fue utilizada una sonda piezométrica marca Herón modelo Dipper-T de 100 metros (Ver Figura 2.5-45).



**Figura 2.5-45 Sonda piezométrica de 100 metros. Fuente: MAVDT, 2005**

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

En la actividad del inventario de puntos de agua se siguió el siguiente protocolo:

Se ubica el predio donde se realizará el registro del posible punto de agua subterránea. En este lugar se habla con el propietario o encargado del predio y se le expone de manera clara el tipo de trabajo que se está realizando y se le indaga sobre la existencia de puntos de agua subterránea, tipo aljibe, pozo o manantial. Una vez se obtenga la información suministrada por el propietario predio se realiza el diligenciamiento del FUNIAS.

Se verifica la condición del punto, (productivo, reserva, abandonado, inactivo, sellado).

Se toman coordenadas y altura (msnm), con GPS.

Para Pozo revestido y taladrado:

Se identifica la tubería de revestimiento (PVC, acero) y el diámetro.

Se toman datos de la profundidad y el nivel estático

Se toma el dato de la tubería de succión y descarga y el diámetro de estas.

Se identifica el uso (domestico, agrícola, pecuario).

Se identifica la forma de extracción de agua (motobomba, electrobomba, manual).

Se toman datos de la cantidad de usuarios que aprovechan el recurso y el uso que se le da.

Se hace referencia de la ubicación del pozo, el lugar en el que se encuentra, y las condiciones alrededor de este, se debe tomar un registro fotográfico y observaciones generales (Figura 2.5-46).



**Figura 2.5-46 Ejemplo de pozo profundo dentro del área de estudio.**

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

Para Aljibe excavado:

Se identifica el revestimiento y el diámetro

Se toman datos de la profundidad y el nivel estático

Se identifica el uso (domestico, agrícola, pecuario).

Se identifica la forma de extracción de agua (motobomba, electrobomba, manual).

Se toman datos de la cantidad de usuarios que aprovechan el recurso y el uso que se le da.

Se hace referencia de la ubicación del aljibe, el lugar en el que se encuentra, y las condiciones alrededor de este, se debe tomar un registro fotográfico y observaciones generales.

#### Para Manantiales

Se identifica el tipo de manantial y modo de surgencia: filtración, contacto geológico, goteo

Se ubica geológica y geomorfológicamente el punto de captación.

Se establecen propiedades organolépticas del punto de agua.

Se verifica el estado actual del manantial: posibles focos de contaminación.

#### **Sondeos eléctricos verticales**

Para la adquisición de sondeos eléctricos verticales (SEV) es necesario contar en lo posible con un terreno plano y una distancia lineal de 300 m, libre de cuerpos de agua, sin presencia de cables o torres de alta tensión, ni cercas electrificadas, ya que todos los anteriores son condiciones o factores que introducen ruido a los datos tomados y es probable que no sea posible su interpretación. En caso de que el terreno o la ubicación del punto tenga presencia de alguno de los elementos no deseados, es necesario alejarse de dichos factores de ruido mínimo 200 m y así mismo hacer la observación en la hoja de datos, para que dichos factores sean tenidos en cuenta en la interpretación.

Teniendo como referencia la ubicación con GPS de las coordenadas asignadas previamente y las anteriores recomendaciones, una vez ubicada el área para el sondeo se sigue el siguiente procedimiento:

1. Demarcar el área de trabajo con banderines y cinta de seguridad.

2. Marcar en el GPS el punto donde se va a instalar la estación de trabajo.
  3. En el formato de SEV apuntar:
    - Coordenadas marcadas con GPS.
    - Orientación del arreglo, medido con brújula.
    - Fecha.
    - Municipio.
    - Nombre de la finca, predio, bloque y proyecto.
    - Nombre del operador.
    - En observaciones, estado del terreno y condiciones climáticas.
  4. Instalar los equipos necesarios dentro de la zona demarcada, donde solo podrá acceder el personal autorizado para el manejo de los equipos.
  5. Ubicar los cuatro carretes frente al equipo de adquisición, lo más alejados que sea posible (hasta donde lo permita los cables de conexión), y entre carretes un espaciamiento de 1m.
  6. Aproximadamente a 3 m de distancia frente al equipo de adquisición y a 1m de distancia de los carretes de cable, se ubicarán los electrodos de la siguiente forma:
  7. Un electrodo orientado perpendicularmente al equipo de adquisición, este electrodo es nuestra referencia para los movimientos de apertura de MN y de AB.
  8. Dos electrodos distanciados 0,5 m del cero (uno a cada lado) M y N.
  9. Dos electrodos distanciados 1 m del cero (uno a cada lado) A y B.
- El movimiento de avance para cada electrodo será en línea recta con respecto al cero, según indique el formato de sondeos eléctrico-verticales, en el cual nos indican el espaciamiento a realizar para la toma de cada dato (Figura 2.5-47)

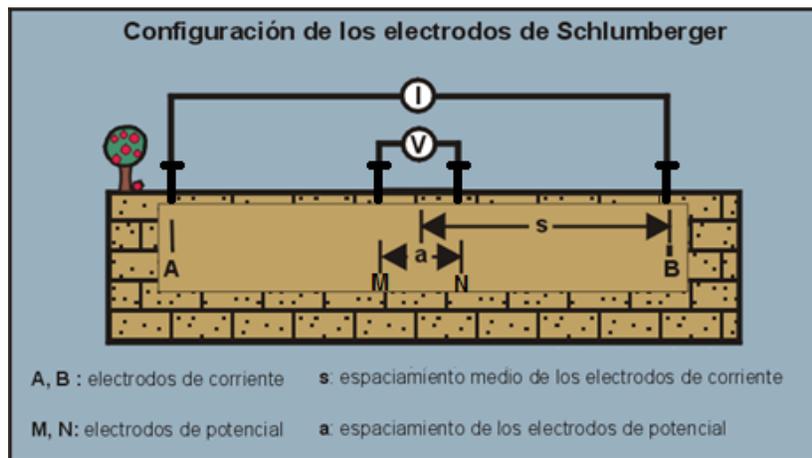


Figura 2.5-47 Esquema de distribución de electrodos en sondeo eléctrico vertical.

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

Para realizar cada uno de los movimientos para la toma de datos, se indica previamente a los auxiliares de campo, el procedimiento a seguir para realizar la actividad, el cual se describe en los siguientes pasos:

Utilizando una masetta se clavan los electrodos aproximadamente 15 o 20 cm en el suelo, haciendo uso adecuado de los EPP, teniendo la precaución de NO clavarlos en terreno con empinamiento de agua.

Una vez esté clavado el electrodo, enganchar el caimán de conexión al electrodo y verificar la conexión del cable de carrete al caimán.

Ya verificada la conexión correcta para cada uno de los electrodos y carretes, el auxiliar de campo deberá retroceder un paso, alejándose del electrodo, el caimán y el cable.

El auxiliar debe dar la indicación o señal (según considere el operador del equipo) dando aviso que la conexión es la correcta y que ninguna persona está en contacto con alguno de los elementos como electrodo, cable o caimán.

El operador tomará el dato, y luego dará aviso por radioteléfono a los auxiliares de campo indicando el siguiente movimiento para cada uno de los electrodos (según indique el formato).

El auxiliar de campo se acerca al electrodo, desenganchando el caimán del electrodo y posteriormente, saca el electrodo del suelo y realiza el movimiento indicado por el operador.

Una vez se haya realizado el movimiento, repetir los pasos del 1 al 5.

Durante el sondeo se realiza registro fotográfico, en el cual aparezca la estación de trabajo y el panorama del terreno.

Luego de que se realice el último movimiento indicado para el sondeo, el auxiliar de campo desengancha el caimán del electrodo, retira el electrodo del suelo y retirar el cable de conexión del caimán, posteriormente retorna al lugar donde están ubicados los carretes dejando el cable extendido y trayendo consigo, el electrodo y caimán de AB, el electrodo y caimán de MN.

Tomando una posición ergonómica adecuada se enrollan los cables en cada uno de los carretes.

Previamente al embarque de equipos y caja de herramientas en el vehículo, se realiza el chequeo de herramientas y equipos.

Para el desarrollo del presente estudio fueron elaborados un total de 8 Sondeos eléctricos verticales distribuidos en toda el área de influencia fisicobiótica (Figura 2.5-48, Figura 2.5-49, Figura 2.5-50 y Tabla 2.5-32).

Ibagué y Piedras (Tolima)

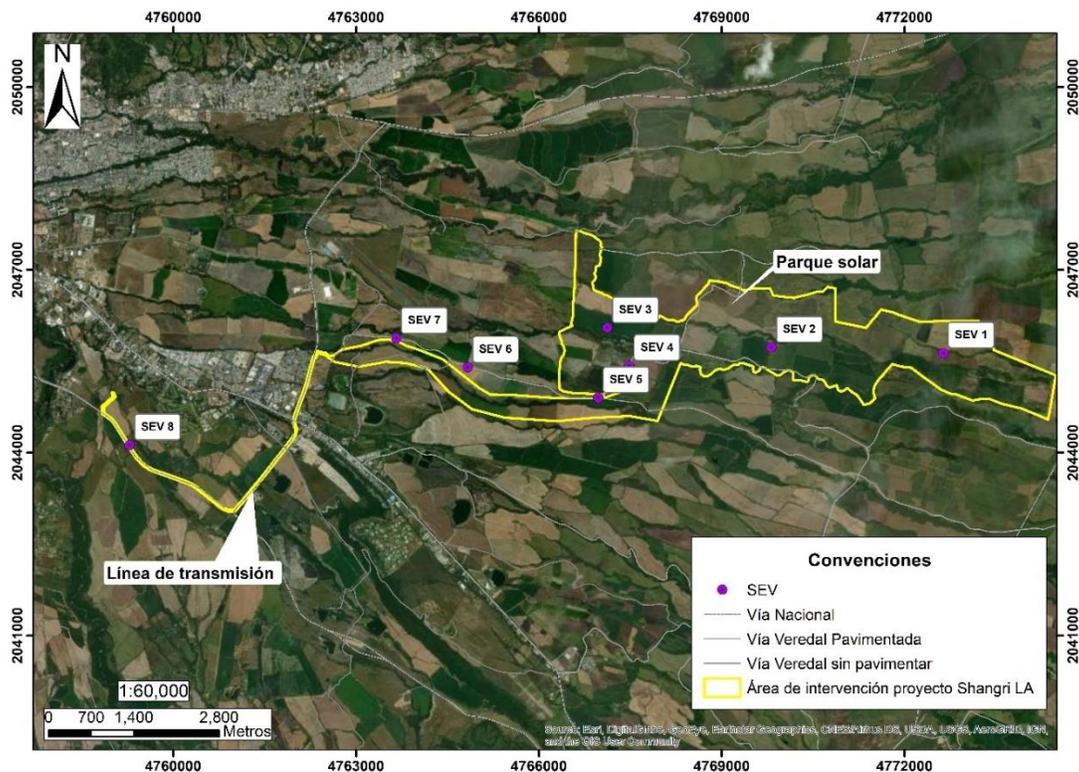


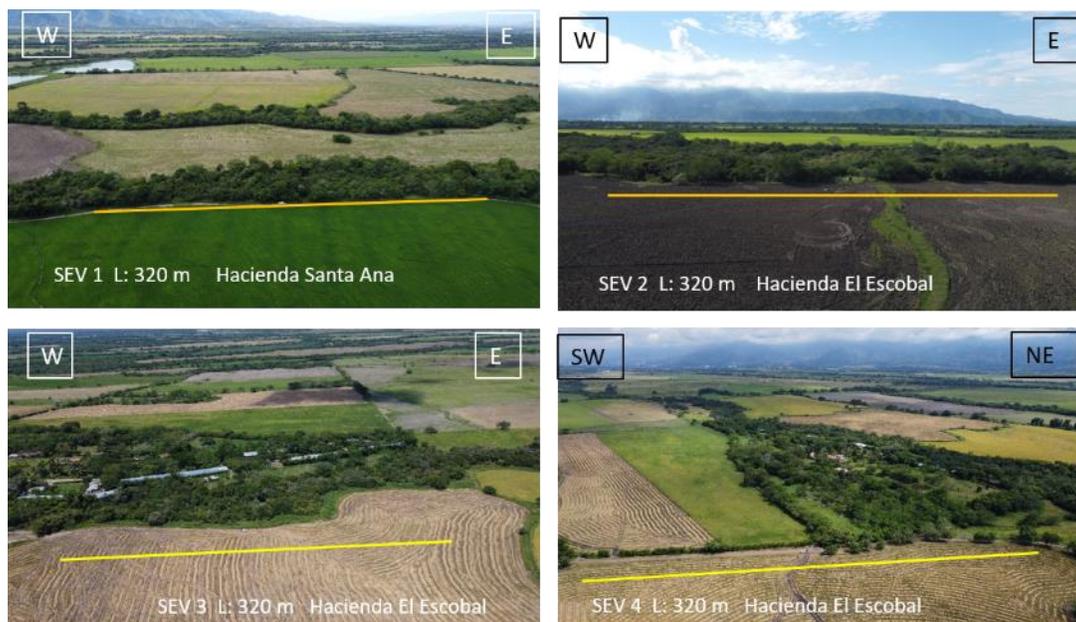
Figura 2.5-48 Distribución de los sondeos eléctricos verticales en el área de estudio

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

Tabla 2.5-32 Coordenadas y ubicación de los sondeos realizados. Sistema de coordenadas CTM12 origen Nacional.

ID	X [m]	Y [m]	Z [m s.n.m]	AB/2	Fecha	Dirección
SEV1	4772913	2045912	720	160	12/05/2021	E-W
SEV2	4769867	2046313	773	160	13/05/2021	E-W
SEV3	4768980	2045550	824	160	13/05/2021	E-W
SEV4	4767479	2045429	814	160	13/05/2021	N45E
SEV5	4767498	2044861	823	300	14/05/2021	E-W
SEV6	4766732	2047517	874	300	14/05/2021	E-W
SEV7	4763142	2045628	901	300	14/05/2021	E-W
SEV8	4759609	2043872	991	300	14/05/2021	N45W

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



**Figura 2.5-49 Características de los sondeos eléctricos verticales tomados en campo**

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



**Figura 2.5-50 Características de los sondeos eléctricos verticales en el área de estudio.**

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

Es importante anotar que, durante la recolección de datos en campo se puede generar ruido en el medio que afecta las mediciones y algunos datos resultan anómalos. Estos deben ser removidos de la tendencia para evitar errores altos en el modelo de capas, por lo tanto, estos SEV pueden presentar menor profundidad.

Con el objetivo de limitar los amplios rangos de resistividades que existen actualmente en la literatura, en este estudio se utilizan las resistividades obtenidas en el estudio *HIDROGEOLOGÍCO Y CARACTERIZACIÓN DEL ACUÍFERO DEL ABANICO ALUVIAL DE IBAGUÉ- TOLIMA* (Cortolima, et al, 2013). Los rangos de resistividad empleados para la litología en la zona de estudio se presentan en la Tabla 2.5-33.

**Tabla 2.5-33 Valores de resistividad para algunos materiales, según sus características litológicas.**

**Fuente: CORTOLIMA (2013).**

Material	Resistividad [Ohm.m]	Unidad geológica
Arcilla, arcillolita	0 - 20	Abanico Aluvial y depósitos aluviales (Qai - Qal)
Arcilla arenosa	20 - 50	
Arena arcillosa	50 - 80	
Arenas saturadas	80 - 300	
Conglomerados y cantos saturados	300 - 500	
Roca ígnea	> 1.000	Batolito de Ibagué (Ji)

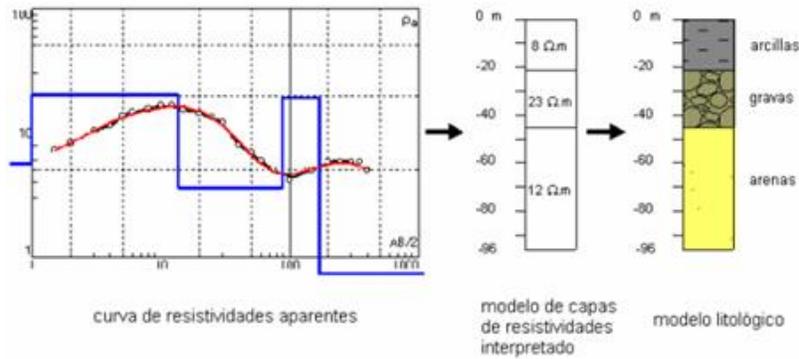
**Fuente: Gómez, 2012.**

La resistividad está en función no solo de la mineralogía, sino también de la granulometría, la disposición estratigráfica, el estado de los materiales en cuanto a meteorización y la disposición estructural, la presencia o ausencia de agua en el medio y la química.

El proceso de análisis de los datos se ejecutó mediante el software IPI2WIN el cual interpreta de manera automática o semiautomática datos en 1D. Con esta herramienta es posible elegir, según el criterio del interpretador, entre un juego de soluciones equivalentes, la que mayor se ajuste tanto a los datos geofísicos (la que produzca un menor error de ajuste) como a los datos geológicos (Universidad Estatal de Moscú, 2000).

El programa representa las medidas realizadas en campo en un gráfico logarítmico, donde la distancia  $AB/2$  se ubica en las abscisas, y la resistividad aparente en las

ordenadas, esta representación de datos y el proceso de la interpretación se presenta en la Figura 2.5-51.



**Figura 2.5-51 Esquema de interpretación de un SEV.**

**Fuente: Gómez, 2012.**

Para cada SEV se presenta la curva de resistividades interpretada (línea roja) por el IPI2win a partir de los datos de campo de resistividades aparentes (círculos blancos) y el modelo resistividades con espesores y profundidades (línea azul).

El modelo resultante de la interpretación realizada por el software se presenta al lado derecho de la curva de resistividades, indicando lo siguiente: el símbolo  $\rho$ , representa el valor de la resistividad real;  $h$ , el espesor del estrato o capa asociada a el valor de  $\rho$ ;  $d$ , el espesor acumulado de las capas consecutivas, y  $Alt$ , representa la profundidad de la base de las capas, referentes a un nivel de cero metros.

### Monitoreos de agua subterránea

De acuerdo a las condiciones particulares de cada sitio se eligen los diferentes puntos de agua donde se realizarán los análisis hidroquímicos e hidrogeológicos de las aguas subterráneas, teniendo en cuenta la dirección de las líneas de flujo de agua subterránea y los resultados del análisis de los datos del muestreo realizado junto con el inventario en el que se realiza la adquisición de datos de medición de parámetros múltiples (pH, conductividad eléctrica, temperatura, TDS, salinidad, ORP, ion amonio, ion nitrato, ion

cloruro, turbidez) que se registran en el formato de inventario de puntos de agua subterránea.

Para determinar si la variabilidad espacial es estadísticamente relevante, se elaboran diagramas de caja sobre parámetros de calidad: este procedimiento se realiza sobre el algoritmo natural de cada parámetro de calidad para comparar las varianzas sobre un mismo orden de magnitud entre los diferentes pozos premuestreados. Si se identifican visualmente diferencias significativas entre los diagramas de cajas se realiza un análisis de varianza, si la variabilidad espacial no es estadísticamente significativa, se plantea el muestreo con test no paramétricos.

### **Metodología de muestreo y transporte**

El muestreo adecuadamente concebido y realizado, es la tarea más importante en todo programa de monitoreo de aguas, sean estas residuales, superficiales o subterráneas y 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 agua, que sea verdaderamente representativa. Los factores más críticos, necesarios para la representatividad de una muestra, son los sitios, tiempo y frecuencia de muestreo, y el mantenimiento de la integridad de la muestra previo a su análisis.

Los parámetros analizados corresponden: pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Acidez, Alcalinidad Total, Bicarbonatos, Color Verdadero, DBO5, DQO, Dureza Total, Fenoles Totales, Grasas y Aceites, Hidrocarburos Totales, Nitrógeno Amoniacal, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendedos Totales, Sólidos Totales, Turbiedad, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Ortofosfatos, Sulfatos, Aluminio Total, Arsénico Total, Bario Total, Cadmio Total, Calcio Total, Cromo Total, Hierro Total, Magnesio Total, Níquel Total, Plomo Total, Potasio Total, Sodio Total, Zinc Total, Porcentaje de Sodio Intercambiable, Relación de absorción de Sodio.

El muestreo y transporte de las muestras se realizó de manera que se garantizó 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 como el control de pH, adición de compuestos químicos y control de temperatura al refrigerar las muestras a 4 °C, utilizando hielo para tal fin.

#### 2.5.3.8.5 Fase de Postcampo

Llevadas a cabo las labores de campo de registro de información primaria y con base en la información recopilada en las fases anteriores, se procedió a describir las características hidrogeológicas más importantes en el área de estudio y se presentan resultados del inventario de puntos de agua.

Los resultados del capítulo de hidrogeología se presentan a continuación:

1. Identificación de los acuíferos de carácter regional y local.
2. Establecimiento de las zonas de recarga y descarga, direcciones de flujo, calidades y tipos de usos actuales.
3. Inventario de puntos de agua subterránea.
4. Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos presentes a la contaminación.
5. Modelo hidrogeológico conceptual.

Con la información secundaria validada y ajustada en campo, se realiza la calificación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación presentes en el área de estudio a través del método GOD.

### 2.5.3.9 Paisaje

---

El paisaje ecológico está concebido como un conjunto de elementos espaciales que agrupan componentes estructurales y funcionales que han sido modelados a lo largo del tiempo, y que se distribuyen en un espacio determinado (Etter, 1991). Dichos elementos espaciales son el resultado de la interacción de diferentes factores (denominados factores formadores de paisaje), dentro de los cuales se encuentran condiciones físicas (clima, geología y suelos, por ejemplo), bióticas (flora y fauna), y sociales (asentamientos, actividades productivas, uso del suelo), específicas del sistema analizado (Etter, 1991).

De acuerdo con lo anterior, la Ecología del Paisaje se ha estructurado como una herramienta interdisciplinaria para el estudio, caracterización y análisis de los sistemas paisajísticos, permitiendo abarcar una perspectiva integral de las dinámicas que se han presentado en un espacio determinado a lo largo del tiempo, a través de diferentes análisis que incluyen el uso de sistemas de información geográfica y sensores remotos para analizar unidades de paisaje y elementos paisajísticos, así como de diferentes atributos como la visibilidad, fragilidad y calidad paisajística, en un contraste permanente con las sociedades humanas que han hecho de estos paisajes sus espacios de vida, como modeladores constantes de los sistemas.

Tal como lo indica Etter (1991), con el tiempo ha surgido la necesidad de comprender los procesos ecosistémicos de forma integral y compleja, para así consolidar y dirigir medidas de conservación y manejo de los sistemas paisajísticos existentes, con base en las dinámicas espaciales que ocurren en el tiempo, y en el contexto socioambiental que determina dichos procesos. Así bien, el estudio de la ecología del paisaje se presta como una técnica precisa para establecer objetos y medidas de manejo, en miras a proporcionar acciones viables que proporcionen complejidad estructural y funcional en el paisaje, que a su vez permita la recuperación y conservación de las dinámicas e interacciones de este.

Es importante mencionar que la metodología utilizada para describir los procesos ecológicos y visuales del paisaje, se basó en las unidades de paisaje, las cuales de acuerdo con Zonnevel (1979) y Etter (1991), puede definirse como una porción del espacio geográfico, homogéneo en cuanto a su fisionomía y composición, con patrón de estabilidad temporal resultante de la interacción compleja del clima, las rocas, el agua, el suelo, la flora, la fauna y las actividades humana, reconocible y diferenciales de otras vecinas. Una vez definidas las unidades y elementos del paisaje ecológico, se cuenta con la unidad de análisis para realizar la caracterización visual del paisaje, proceso que se describe a continuación.

#### 2.5.3.9.1 Análisis visual de la integridad escénica, fragilidad y calidad paisajística

Se realizó una descripción de cada una de las metodologías y su desarrollo, para evaluar la integridad escénica, calidad y fragilidad paisajística. Vale aclarar que las metodologías presentadas a continuación se encuentran validadas dentro del marco general de los Estudios de Impacto Ambiental en Colombia. De manera adicional, se realizó una descripción del paisaje de la zona dentro del contexto del proyecto y se identificaron sitios de interés paisajístico (considerados como sitios de importancia para las comunidades, en lo relacionado con los hábitos culturales, históricos y de disfrute visual).

En términos generales, el análisis de la visibilidad del paisaje implica un ejercicio de observación directa del paisaje, con el fin de identificar cómo se encuentra configurado el mosaico paisajístico, y su homogeneidad y heterogeneidad, en función de la morfología del terreno, la cobertura vegetal y la espacialidad del conjunto. De acuerdo con Morlans (2007), el análisis de visibilidad tiene como objetivo determinar las áreas visibles del paisaje, para evaluarlo y obtener una serie de parámetros o patrones mediante los cuales se pueda hacer una caracterización del territorio en términos visuales y perceptivos.

En cuanto al análisis de la calidad visual paisajística se tuvieron en cuenta las metodologías propuestas por la Agencia de manejo de tierras (BLM por sus siglas en

ingles) de los Estados Unidos de América, para determinar el valor visual del paisaje, en función de su calidad escénica, el alcance visual y la sensibilidad visual.

### 2.5.3.9.2 Fragilidad paisajística

Se considera como el conjunto de características que inciden en la capacidad de respuesta al cambio en las propiedades paisajísticas y en la absorción de los impactos ambientales, alteraciones y modificaciones originados por la actividad humana, bien sea agrícola, pecuaria o industrial. La fragilidad del paisaje se encuentra relacionada con los factores biofísicos (vegetación, fauna, condiciones hidrogeológicas, ubicación geográfica) y los factores histórico-culturales (dinámicas y percepción antrópica).

La Tabla 2.5-34 referencia los factores que son evaluados para determinar la fragilidad del paisaje, en términos de la vulnerabilidad que tiene frente a las presiones naturales y antropogénicas internas y externas, así como la capacidad de resiliencia frente a dichas perturbaciones.

**Tabla 2.5-34 Criterios y valoración para determinar la fragilidad paisajística**

FACTOR	CONDICIONES	PUNTAJES	
		NOMINAL	NUMÉRICO
Pendiente (P)	Inclinado (Pendiente >75%)	Bajo	1
	Inclinación suave (50%-75% pendiente)	Moderado	2
	Poco inclinado (0-50% pendiente)	Alto	3
Diversidad de vegetación (D)	Suelos desnudos, playas, pastos limpios y enmalezados, zonas industriales y territorios artificializados y zonas pantanosas	Bajo	1
	Pastos arbolados y enmalezados, y Herbazal denso inundable no arbolado	Moderado	2
	Vegetación secundaria alta y baja, Bosque abierto alto de tierra firme, Bosque ripario	Alto	3

Ibagué y Piedras (Tolima)

FACTOR	CONDICIONES	PUNTAJES	
		NOMINAL	NUMÉRICO
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Moderado	2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3
Contraste entre suelo y vegetación (V)	Alto contraste visual entre el suelo y la vegetación adyacente expuesta	Bajo	1
	Moderado contraste visual entre el suelo y la vegetación adyacente expuesta (todos los tipos de vegetación estériles, cultivado y diversificada)	Moderado	2
	Bajo contraste visual entre el suelo y la vegetación adyacente expuesta	Alto	3
Regeneración potencial de la vegetación (R)	Baja regeneración potencial	Bajo	1
	Moderada regeneración potencial	Moderado	2
	Alta regeneración potencial	Alto	3
Contraste de color entre el suelo y roca (C)	Contraste alto	Bajo	1
	Contraste moderado	Moderado	2
	Contraste bajo	Alto	3

FUENTE: YEOMANS, 1986

De acuerdo con Yeomans (1986), la fragilidad del paisaje se puede determinar a partir de Capacidad de Absorción Visual (VAC por sus siglas en ingles), integrando los diferentes atributos visuales del paisaje o que influyen en la visibilidad de este.

La fórmula que se utiliza para tal fin se presenta a continuación

$$CAV = P \times (D + E + V + R + C)$$

El valor resultante se categoriza de acuerdo con los siguientes rangos, Tabla 2.5-35.

**Tabla 2.5-35 RANGOS CATEGORIZACIÓN DEL PAISAJE**

ESCALA
Baja = < 15
Moderada = 16-30
Alta = > 31

FUENTE: YEOMANS, 1986

La información que se requiere para desarrollar este análisis se recolecta con el apoyo del Formato de Paisaje en el cual se relaciona la información presentada en la tabla anterior, así como la información proveniente de la observación directa de los puntos de control y/o unidad de paisaje visitada soportada con registro fotográfico.

#### 2.5.3.9.3 Escalas visuales y nivel de interés

Se refiere al grado de importancia que tanto visitantes como actores locales asignan a un paisaje que está siendo observado desde una vía, sendero, mirador o cualquier otra infraestructura que permita disfrutar del paisaje (ANLA, 2012). Es importante identificar sitios donde se tenga una visibilidad de gran parte del paisaje estudiado, ya que este análisis se debe hacer para cada una de las unidades de paisaje estudiadas.

Para determinar el nivel de interés de cada una de las unidades de paisaje, se realiza una encuesta a los habitantes del sector, en donde se pregunta si hay un interés alto,

medio o bajo por cada una de las unidades definidas. Además, se relaciona el nivel de interés con las escalas visuales, esto con el fin de saber si la distancia de la visibilidad influye en la percepción de las personas en cuanto a su nivel de interés, esto de acuerdo con el nivel de interés percibido por las personas encuestadas como se establece en la Tabla 2.5-36.

**Tabla 2.5-36 Nivel de interés percibido a través de encuestas**

ESCALAS VISUALES	NIVEL DE INTERÉS
Vista Cercana	Interés Alto
	Interés Medio
	Interés Bajo
Vista Media	Interés Alto
	Interés Medio
	Interés Bajo
Vista Lejana	Interés Alto
	Interés Medio
	Interés Bajo

FUENTE: ANLA, 2012.

Es pertinente mencionar que la metodología para definir las escalas visuales se basó en la propuesta por la oficina de administración de tierras del departamento del interior de los Estados Unidos de América (BLM por sus siglas ingles), para la reactivación de las turbinas y hélices de viento en Ocotillo California, para la producción de energía eléctrica (BLM, 2011).

#### 2.5.3.9.4 Integridad escénica

Además de los componentes expuestos anteriormente, es necesario evaluar detalladamente las alteraciones antrópicas puntuales sobre las unidades de paisaje, debido a que, con el análisis de variables como los elementos discordantes o

correspondencia cromática, se tiene un acercamiento al grado y tipo de alteración visual a la cual está expuesto el paisaje estudiado.

La integridad escénica indica que tan intacto visualmente se encuentra un paisaje, y es un indicador de su condición escénica (calidad paisajística) que sirve como una medida de línea base a partir de la cual los posibles cambios pueden ser medidos en términos relativos. Se mide a partir de criterios como número de elementos discordantes, tamaño de la discordancia, correspondencia cromática en cada unidad de paisaje y grado de alteración de la forma del paisaje.

Para determinar la integridad escénica se calificará cualitativamente todas las unidades de paisaje con respecto al grado de alteración o transformación de estas; los calificativos son muy baja (muy alterado), baja (moderadamente alterado), moderada (Levemente alterado), alta (parece inalterado) y muy alta (inalterado).

En la Tabla 2.5-37 se observan los criterios utilizados para determinar la integridad escénica, con su rango respectivo de calificación.

**Tabla 2.5-37 Criterios para el análisis de integridad escénica**

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN		DESCRIPCIÓN CALIFICACIÓN
		NUMÉRICO	NOMINAL	
Elementos discordantes	Se refiere al número de elementos discordante presentes en cada unidad de paisaje. Entre mayor sea el número de elementos discordantes mayor será el grado de afectación sobre la integridad escénica de la unidad en evaluación.	3	Nulo	3 indica que no hay ningún elemento discordante dentro de la unidad de paisaje y 0 que hay más de tres elementos discordantes en la unidad de paisaje.
		2	Bajo	
		1	Medio	
		0	Alto	
		3	Nulo	

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN		DESCRIPCIÓN CALIFICACIÓN
		NUMÉRICO	NOMINAL	
Tamaño de la discordancia	Califica la incidencia de la(s) discordancia (s) sobre la unidad de paisaje con respecto a su tamaño. Entre mayor sea el tamaño de la(s) discordancia(s) mayor será el grado de afectación sobre la integridad escénica de la unidad en evaluación.	2	Bajo	3 indica que no hay ningún elemento discordante dentro de la unidad de paisaje y 0 que los elementos discordantes representan más del 30% de la unidad de paisaje.
		1	Medio	
		0	Alto	
Correspondencia cromática	Califica la incidencia de la(s) discordancia (s) sobre la unidad de paisaje con respecto a su color. Entre mayor correspondencia cromática del elemento discordante con el carácter del paisaje menor incidencia sobre el mismo y por consiguiente sobre su integridad escénica. En contraste, a menor correspondencia cromática del elemento discordante con el carácter del paisaje mayor afectación de la integridad escénica.	3	Alto	3 indica que hay una alta correspondencia cromática del elemento discordante con el carácter del paisaje y 0 que la correspondencia cromática del elemento discordante con el carácter del paisaje es nula.
		2	Medio	
		1	Bajo	
		0	Nulo	
Forma del paisaje	Califica la incidencia de la(s) discordancia (s) sobre la unidad de paisaje con respecto a su forma de la siguiente manera: Entre mayor sea la alteración de la forma del paisaje consecuencia de la(s) discordancia(s) mayor será el	3	Nulo	3 indica que no hay presencia de alteraciones formales en la unidad de paisaje y 0 que se altera más del 30 % de la forma del paisaje.
		2	Bajo	
		1	Medio	
		0	Alto	

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN		DESCRIPCIÓN CALIFICACIÓN
		NUMÉRICO	NOMINAL	
	grado de afectación sobre la integridad escénica de la unidad en evaluación y viceversa, entre menor sea la alteración de la forma del paisaje consecuencia de la(s) discordancia(s) menor será el grado de afectación sobre la integridad escénica de la misma.			
Índice final de belleza del paisaje	Representa la belleza de los paisajes.	3	Alto	Valor del índice final de belleza del paisaje, en escala de 0 a 3 donde 0 indica menor belleza, y, 3 mayor belleza.
		2	Medio	
		1	Bajo	
		0	Nulo	

FUENTE: ANLA, 2012

Al calificar las unidades de paisaje con los cinco criterios mencionados en la tabla anterior, se pondera los puntajes resultantes y se valora de acuerdo con el tipo de integridad escénica que se muestra en la Tabla 2.5-38.

**Tabla 2.5-38 Rangos de valoración integridad física**

INTEGRIDAD ESCÉNICA	
RANGOS	TIPO
≤ 3	Muy baja
4-6	Baja
7-9	Moderada

Ibagué y Piedras (Tolima)

INTEGRIDAD ESCÉNICA	
RANGOS	TIPO
10-12	Alta
≥ 13	Muy alta

Fuente: ANLA, 2012

#### 2.5.3.9.5 Sitios de interés paisajístico-atractivo escénico

Los sitios de interés paisajístico están determinados por dos aspectos fundamentales, relacionados por una parte con los referentes culturales en el territorio (por importancia económica, bienes y servicios ambientales, uso y aprovechamiento de recursos, valor estético e importancia histórico-cultural), y por otra parte con aspectos funcionales y estructurales del paisaje, en términos de oferta de hábitat, flujos de materia, energía e información, y mantenimiento de comunidades de flora y fauna. Es importante tener en cuenta que, de acuerdo con lo anterior, se hace de gran relevancia la información suministrada por las comunidades que viven en el territorio del paisaje analizado, por lo cual es necesaria su participación en el proceso mediante entrevistas semiestructuradas cuya línea de desarrollo sea la identificación y descripción de estos lugares.

La información que se requiere para desarrollar este análisis se recolectó con el apoyo del Formato de paisaje. Esta información se soporta con registro fotográfico. Los criterios que se utilizaron para la calificación son deteriorados, comunes o típicos y singulares.

#### 2.5.3.9.6 Calidad escénica del paisaje

Dado que el atributo de calidad del paisaje responde a una apreciación estética de este, su calificación puede llegar a ser subjetiva y depender de la percepción del observador. Con el fin de reducir dicha subjetividad, resulta de gran utilidad contrastar constantemente las apreciaciones del observador con el contexto biofísico y sociocultural en el que se encuentra el paisaje. Es por esto que independientemente de la metodología utilizada para describir la calidad paisajística, no se debe llegar a conclusiones únicas y definitivas, ya que responde a un proceso descriptivo y exploratorio.

La evaluación de la calidad escénica del paisaje constituye una medida general para caracterizar el atractivo estético de paisaje, en cuanto a la relación de sus características biofísicas (como topografía, vegetación, agua, color, paisaje adyacente y rareza), y con las actividades antrópicas (carreteras, edificios, vías férreas, los patrones agrícolas, y líneas de servicios públicos). La relación de estas características por medio de criterios como el contraste, variedad, armonía y equilibrio, permiten caracterizar el paisaje en cuanto a la calidad escénica, Tabla 2.5-39.

**Tabla 2.5-39 Criterios y valores de calificación calidad escénica del paisaje**

COMPONENTES	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
Morfología	Relieve muy montañoso, Marcado y prominente, (acantilados, agujas grandes y formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante.	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	Áreas planas y con bajas pendientes.
	5	3	1

COMPONENTES	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante.	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos.	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
	5	3	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas claras (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo.	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje.	Ausente inapreciable.
	5	3	0
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
	5	3	1
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.
	5	3	0

COMPONENTES	CRITERIOS DE VALORACIÓN Y PUNTUACIÓN		
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, o aunque similar a otros en la región.	Bastante común en la Región.
	6	2	1
Actuación Humana	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.
	2	1	0
Rango de calidad escénica	A = 19 o más	B = 12 a 18 menos	C = 11 o

FUENTE: BLM, 2011.

### 2.5.3.9.7 Alcance o escala visual

El alcance visual del paisaje está determinado por la visibilidad relativa de una unidad de paisaje o punto de control, desde un lugar de observación determinado. El nivel de observación está determinado por la capacidad de diferenciar los límites específicos de la unidad observada, así como las características de la vegetación y la diferenciación de color (contraste con los elementos adyacentes), cuya apreciación puede estar

determinada por el tipo de relieve, las condiciones atmosféricas y de luz, o la presencia de otros elementos que interfieran en esta (BLM, 2011).

En la siguiente tabla se describen los rangos de visibilidad sobre los cuales se valora el alcance visual de los elementos paisajísticos respecto al sistema en general. Es importante mencionar que los rangos de visibilidad pueden ser modificados por el observador, de acuerdo con características particulares que tenga el paisaje que se esté analizando, siempre y cuando se realice la aclaración metodológica y se describan los argumentos para realizar este cambio.

La visibilidad de las unidades de paisaje fue evaluada conforme con cuatro (4) escalas visuales que tienen en cuenta los elementos y las características que pueden percibir los observadores desde múltiples distancias en un mismo punto de referencia, el cual fue asociado a la infraestructura vial, vías primarias, secundarias y terciarias, ya que estas atraviesan de manera uniforme y general el área de influencia físico-biótica. Además, se tuvo en cuenta la cobertura de cada unidad, ya que esta puede hacer las veces de barrera visual para los observadores. Tabla 2.5-40.

**Tabla 2.5-40 Rangos de visibilidad para determinar el alcance visual del paisaje**

Plano	Rangos de visibilidad
Inmediato	Visibilidad de 0 - 10 m de distancia. El observador visualiza las formas y detalles con absoluta nitidez.
Primer plano	Visibilidad de 10 - 90 m de distancia. El observador visualiza los detalles del paisaje con nitidez.
Plano intermedio	Visibilidad entre 90 y 800 m de distancia. El observador no percibe los detalles, pero si diferencia los elementos del paisaje y la interrelación entre éstos.
Plano lejano	Visibilidad a más de 800 de distancia. El observador ve los elementos desdibujados, aunque aprecia las formas generales.
No visible	

*Fuente: Adaptado de USDA, 1995.*

### 2.5.3.9.8 Sensibilidad visual

Este aspecto está determinado por el número de observadores actuales y potenciales del paisaje, y por ende de cualquier cambio o perturbación que se realice en este. Considera aspectos como el acceso visual, frecuencia de la observación y duración de esta, público observador, tipo de observación (esporádica, contemplativa, disfrute escénico), tipo de observadores, y características o elementos particulares observables. En la Tabla 2.5-41 se describen los rangos de sensibilidad visual que se utilizan para calificar este atributo del paisaje.

**Tabla 2.5-41 Rangos de visibilidad para determinar la sensibilidad visual**

SENSIBILIDAD VISUAL	DESCRIPCIÓN
Alta	Son zonas que tienen un alto grado de uso o apreciación visual, representado en los observadores presentes y en el alcance visual resultante (corto/medio).
Media	El grado de uso o apreciación visual es moderado, así como el acceso a estos. Los observadores son frecuentes, aunque no constantes.
Baja	Corresponde a áreas remotas, alejadas de los observadores, por lo cual su uso y apreciación visual se considera baja.

FUENTE: BLM, 2011.

### 2.5.3.9.9 Manejo de las clases de recursos visuales (VRM)

Este aspecto pretende proponer un manejo adecuado para las unidades de paisaje, mediante la comparación de la calidad escénica, la sensibilidad visual, y el alcance visual. El análisis integrado de los aspectos anteriormente mencionados se hace a través del

uso de una matriz de clasificación, la cual cataloga cada unidad de paisaje en 4 clases de acuerdo con las características intrínsecas de cada una, **Tabla 2.5-42**. La excepción a este proceso es la designación de la Clase I, ya que esta se asigna a zonas especiales donde las actividades están restringidas (por ejemplo, las áreas silvestres, entre otras).

**Tabla 2.5-42 Matriz de clasificación del manejo de los recursos visuales (VRM)**

NIVELES DE SENSIBILIDAD VISUAL		ALTA			MEDIA			BAJA
		I	II	III	I	II	III	I
Áreas únicas		I	I	I	I	I	I	I
Calidad escénica	A	II	II	II	II	II	II	II
	B	II	III	III	III	IV	IV	IV
				IV				
C	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV	
Alcance visual		Corta	Media	Alta	Corta	Media	Alta	Corta

FUENTE: BLM, 2011.

A continuación, se describe el objetivo de cada clase de manejo, de acuerdo con el BLM (2011):

- VRM Clase I: El objetivo es preservar el carácter visual existente del paisaje. Esta clase se asigna a las unidades de paisaje con características ecológicas únicas. Las actividades antrópicas del paisaje deben ser muy bajas y no deben ser evidentes. En cuanto al manejo de estas unidades de paisaje debe ser nulo.

- VRM Clase II: El objetivo es conservar el carácter visual existente del paisaje, ya que tiene un cierto nivel de transformación. En cuanto a las actividades antrópicas y de manejo del paisaje deben tener carácter bajo y no deben llamar la atención de los observadores.
- VRM Clase III: El objetivo es retener parcialmente el carácter visual existente del paisaje. El nivel de transformación del paisaje debe ser moderado o bajo. Las actividades de manejo pueden atraer la atención, pero no deben dominar la vista del observador casual.
- VRM Clase IV: El objetivo es proporcionar la gestión y el manejo adecuado de las actividades que requieren modificación importante en el carácter visual actual del paisaje. El nivel de transformación en el paisaje puede ser alto. En cuanto a las actividades de manejo pueden llegar a dominar la vista y ser el principal foco de atención del espectador. Sin embargo, se debe intentar reducir al mínimo el impacto de estas actividades a través de una cuidadosa ubicación, mínima perturbación, y la repetición de los elementos básicos de las características predominantes naturales de la característica paisaje.

#### 2.5.3.9.10 Fase de postcampo

La fase de postcampo para el componente paisajístico, se encuentra enfocado hacia la elaboración de la línea base, así como la identificación de impactos y la zonificación ambiental. A partir de la información recopilada durante el trabajo de campo y la fase de precampo, el componente de paisaje se encuentra construido a partir de:

Establecimiento de las unidades de paisaje y su interacción con el proyecto.

Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico de la zona de estudio.

Análisis de la visibilidad y calidad paisajística del área de estudio.

Identificación de los sitios de interés paisajístico.

Percepción de las comunidades como referente de su entorno físico en términos culturales.

### 2.5.3.10 Meteorología

---

La metodología para el desarrollo del componente meteorológico, se diseñó de conformidad con la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales – 2018 y lo establecido en los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR – 015, acogidos mediante Resolución 1670 del 15 de Agosto de 2017, a continuación, se describen cada una de las fases.

#### 2.5.3.10.1 Fase previa

Para la obtención de la información requerida por la normatividad ambiental vigente para la elaboración del componente meteorológico del proyecto, se procedió a verificar el Catálogo Nacional de Estaciones de monitoreo Pluviométricas – Pluviográficas, Hidrológicas y Climáticas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, donde se pudo observar que dentro de las zona de emplazamiento del proyecto y en cercanías a éste, no se contaba con una estación que registrara la totalidad de la información relacionada con las variables requeridas en el numeral 4.1.7.3 de la MGPEA y el numeral 5.1.9.2 de los TdR-015.

#### 2.5.3.10.2 Fase de campo

En concordancia con lo descrito en el numeral II.3.1.1.1 fase previa y en cumplimiento de lo establecido en los precitados numerales de la MGPEA y los TdR-015, al no contar con información meteorológica de fuentes públicas oficiales se procedió con la

adquisición de dicha información para la zona donde será ubicado el proyecto energético, generada a partir el modelo de mesoescala Weather Research and Forecast (WRF), optimizada a las condiciones del territorio colombiano, las cuales son validadas en relación con las series de datos observadas en 25 estaciones de la red nacional sinóptica del IDEAM.

La información meteorológica se adquirió por medio de METEOCOLOMBIA para un periodo de 5.0 años, comprendido del año 2015 al año 2020, con una resolución de 6 Km. El archivo adquirido contiene datos de superficie en formato .DAT y de altura en formato FSL, La información meteorológica incluye los archivos en formato .IN1, .IN2 y .IN3 que contienen la configuración del procesador AERMET en cada una de sus tres etapas.

#### 2.5.3.10.3 Fase de análisis

Las variables meteorológicas objeto de análisis fueron:

- Temperatura superficial: promedio, mínimo y máximo de temperatura registrada diaria, mensual y anual.
- Presión atmosférica promedio mensual (mb).
- Precipitación: media diaria, mensual y anual, y su distribución en el espacio. Se debe identificar para época seca y húmeda a través de histogramas de temperatura vs precipitación.
- Humedad relativa: promedio, mínimo y máximo registrada diaria, mensual y anual.
- Dirección y Velocidad del Viento.
- Rosas de viento diurna y nocturna
- Variaciones mensuales de las rosas de vientos.
- Radiación solar: media diaria, mensual y anual.
- Nubosidad: media diaria, mensual y anual.

Los datos arrojados posterior al procesamiento fueron graficados en Excel.

### 2.5.3.11 Calidad del aire

---

#### 2.5.3.11.1 Fase previa

En lo que respecta al componente calidad del aire, la metodología para el desarrollo de dicho componente se diseñó de conformidad con la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales – 2018, lo establecido en los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR –015, acogidos mediante Resolución 1670 del 15 de Agosto de 2017 y lo dispuesto en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la calidad del aire. (ANEXO D.1)

Al respecto es importante aclarar que el proyecto "Planta Fotovoltaica SHANGRI-LA" no requiere permiso de emisiones atmosféricas en tanto que, ninguna de las actividades a ejecutar por éste en las fases de construcción y operación, cumple con lo establecido en el Artículo 2.2.5.1.7.2 de la Sección 7. "*Permisos de emisión para fuentes fijas*" del Decreto 1076 de 2015, "*Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*", ni con lo consagrado en la Resolución 619 de 1997 "*Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas*" y sus normas complementarias.

En tal sentido y en lo referente a la fase previa de caracterización del área de influencia de la Planta Fotovoltaica La Sierra Solar se definieron los siguientes criterios:

- **Área de influencia preliminar**

Para la determinación del área de influencia preliminar y en concordancia con lo establecido en el Manual de Diseño de Sistemas de la Calidad del aire, se realizó un análisis meteorológico preliminar en función del comportamiento de los regímenes de vientos en periodo diurno y nocturno, con el fin de establecer los aspectos más relevantes para el análisis del comportamiento de dispersión de contaminantes en la atmósfera en la zona objeto de estudio.

De acuerdo con lo anterior, y para la localización de los puntos de monitoreo de calidad del aire, se determinó que las estaciones serían ubicadas vientos arriba y vientos abajo del proyecto en lugares y/o predios cercanos a la zona de intervención, teniendo en cuenta las poblaciones e infraestructura de acceso asociada al proyecto, que cumplieran con los criterios de micro y macro localización de la normatividad ambiental vigente, a fin de realizar un levantamiento de información de calidad del aire línea base, que permitiera determinar el impacto en dicho componente en relación con las actividades de construcción proyectadas y el comportamiento de vientos de la zona.

- **Tipo de Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire**

El levantamiento de información en campo línea base para el componente de calidad del aire, se realizó a través de monitoreos Indicativos que contemplan, dos campañas de medición una en temporada seca y otra en temporada húmeda, establecidas a partir de análisis históricos de precipitación (Promedios climatológicos 1981 – 2010 del IDEAM - <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>) y la información meteorológica generada en WRF.

- **Número de estaciones**

El número de estaciones se definió de acuerdo con los criterios de análisis establecidos en los TdR – 15 que indican lo siguiente:

*"El número de estaciones debe garantizar la cobertura espacial de las mediciones sobre el área de influencia del componente del proyecto). La ubicación de estaciones debe considerar: una estación de fondo, una estación vientos arriba y una estación de propósito específico vientos abajo. En caso de haber presencia de asentamientos humanos dentro del área de influencia del componente atmosférico, se deberá ubicar estación o estaciones adicionales en aquellas que se puedan encontrar bajo la influencia de la actividad industrial proyectada."*

De igual manera, se tuvo en cuenta que el proyecto objeto de evaluación tiene su principal escenario de emisión de contaminantes atmosféricos asociado a las actividades constructivas del parque solar, dentro de las cuales no se operara ningún equipo o se realizará actividad que sea objeto de permiso de emisiones atmosféricas o que requiera especial atención por parte de las Autoridades competentes de conformidad con lo dispuesto en el Decreto 1076 de 2015 del sector ambiental.

En tal sentido, se realizaron tres campañas de monitoreo, una de tres (3) estaciones (2021), distribuidas una vientos arriba, otra vientos abajo y una ubicada en la población más cercana al proyecto, una segunda campaña de monitoreo de cuatro (4) estaciones (2021), una vientos arriba, otra vientos abajo y una ubicada en la población más cercana al proyecto y otra ubicada cerca al principal proyecto industrial de la zona y una última campaña por solicitud de la ANLA (2022), donde se ubicaron dos estaciones de monitoreo buscando complementar los parámetros monitoreados inicialmente. Adicionalmente, se incluyó información secundaria del proyecto El Escobal (Exp. LAV0018-00-2021).

- **Parámetros a medir:**

Las actividades del proyecto, descritas en el capítulo 3 del Estudio de Impacto Ambiental, el principal contaminante a generar es Material Particulado producto de las actividades de remoción de material vegetal, movimiento de tierra, sitios de acopio, cargue de material y tránsito de volquetas por vías destapadas, siendo estas de índole temporal (solo etapa de construcción, en operación no se tienen fuentes de emisión representativas y tampoco se requiere permiso de emisiones), en tal sentido y teniendo en cuenta que la vías de tránsito vehicular doméstico más cercanas al proyecto se encuentran vientos abajo del mismo, las cuales no presentan un flujo vehicular relevante tal como se describe en el ítem de identificación de fuentes de emisiones atmosféricas, sumado a que las vías principales y asentamientos humanos, se encuentran a una distancia aproximada de 4 kilómetros del proyecto, se procedió a instalar una estación meteorológica

portátil tipo 1 y tres estaciones de calidad del aire, una estación de fondo, una estación vientos arriba y una estación vientos abajo, monitoreando el contaminante criterio PM10.

Sin embargo y por solicitud de la ANLA, en la tercera campaña de medición (2022) se monitorearon complementariamente los contaminantes criterio PM2.5, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>

#### 2.5.3.11.2 Fase de campo y fase de análisis

- **Área de influencia definitiva (ANEXO D.1)**

Para el caso del componente de calidad del aire, el área de influencia se delimitó a partir del uso del software especializado AERMOD desarrollado por la Agencia de Protección de los Estados Unidos de América, el cual posibilita la estimación del comportamiento de los contaminantes atmosféricos, basado en un modelo gaussiano que integra, información meteorológica de superficie que permite la parametrización de la capa de mezcla planetaria, topografía, usos del suelo y coberturas.

De igual manera, la caracterización de las fuentes se realizó a partir de la estimación de las emisiones para la fase constructiva a partir de lo establecido en el AP42 de la EPA, factor de emisión representativo de actividades de construcción<sup>7</sup> por unidad de área "Heavy Construction Operations" y los manuales del NPI del gobierno de Australia, cuya descripción se presenta en el informe de modelación ANEXO D.1 del estudio de impacto ambiental y sus archivos complementarios.

---

<sup>7</sup> EPA, AP42- 13.2.3 "Heavy Construction Operations", North Carolin, 1995.

• **Monitoreos de calidad del aire Línea base (ANEXO D.1):**

Para la fase de campo se contrató a la firma SERVICIOS DE CONSULTORIA, INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA – SIAM, acreditada ante el IDEAM mediante Resolución No. 1742 del 30 de julio de 2018 y Resolución de extensión 195 del 9 de marzo del 2021 para la Matriz Aire – Calidad del Aire, para los parámetros y métodos descritos a continuación (Tabla 2.5-43):

**Tabla 2.5-43 Monitoreos de calidad del aire Línea base**

Monitoreo	Parámetro	Método de referencia
Calidad del aire	Material Particulado PM10	EPA - CFR 40 Parte 50, Apéndice J
	Material particulado PM2.5	US-EPA Título 40 Parte 50 Apéndice
	Óxidos de azufre SO <sub>2</sub>	CFR título 40 capítulo 1 subcapítulo C Parte 50 - Apéndice A-2 Pararrosanilina.
	Óxidos de Nitrógeno	Método EPA Título 40 Parte 50 Apéndice F

Fuente: Equipo técnico SIAM

De igual manera se definieron los siguientes equipos para el trabajo de campo, Tabla 2.5-44:

**Tabla 2.5-44. Equipos para trabajo de campo calidad de aire**

Descripción de Equipo	Cantidad
Muestreador MP Manual Hi-Vol PM10	4
Estación Portátil para Meteorología	1
Equipo muestreador de bajo volumen para medición de PM2.5	2
Analizador para la medición directa NO <sub>2</sub> por Quimioluminiscencia, Thermo 42C	2
Tren de muestreo para medición de gases (SO <sub>2</sub> ) mediante absorción en soluciones especiales (Rack de gases)	2

Fuente: Equipo técnico SIAM

- **Criterios de Micro localización:**

En lo que respecta a los criterios de micro localización, las estaciones de monitoreo fueron ubicadas dando cumplimiento a lo establecido en el numeral 6.4 CRITERIOS DE MICRO LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE VIGILANCIA, del Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire, del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la calidad del aire en términos de condiciones de seguridad, exposición de los toma-muestras y sensores, condiciones de logística. De igual manera se prestó especial atención a las recomendaciones de ubicación de dicho Protocolo en términos de obstáculos y fuentes de emisión cercanas como se resume en la Figura 2.5-52:

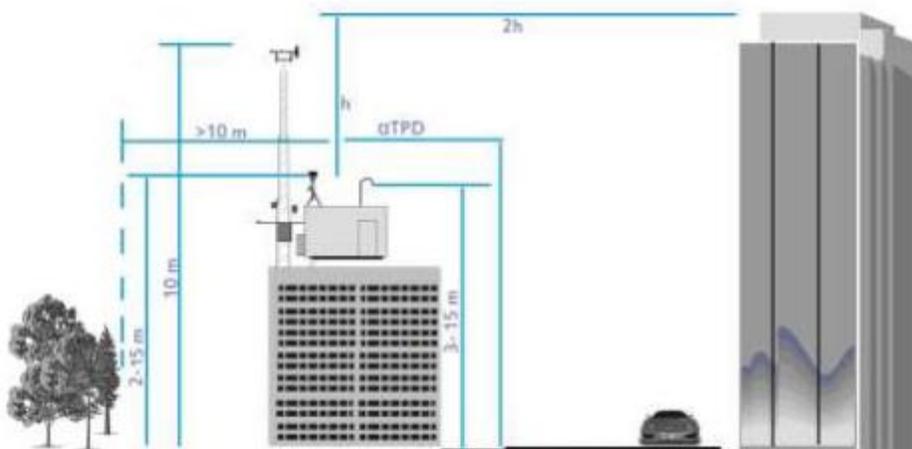


Figura 6. Ilustración de las recomendaciones para la ubicación de estaciones de vigilancia<sup>64</sup>.

Figura 2.5-52 Recomendaciones para la ubicación de estaciones de vigilancia

Fuente: Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire, del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la calidad del aire

- **Identificación de fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos:**

En el marco de la realización de las campañas de monitoreo de calidad del aire, el equipo técnico de SIAM, efectuó un recorrido de campo y realizó un inventario de fuentes de emisión existentes en la zona, describiendo su naturaleza, georreferenciándolas y tomando registro fotográfico de las mismas.

- **Análisis de laboratorio e informes finales:**

Los análisis de las muestras tomadas y el informe final de resultados serán realizados por la Firma SERVICIOS DE CONSULTORIA, INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA – SIAM, acreditada por el IDEAM, para tal fin, los resultados obtenidos serán comparados con las concentraciones máximas permisibles establecidas en la Resolución 2254 de 2017 del MADS.

### 2.5.3.12 Componente ruido - Niveles de ruido Ambiental

---

#### 2.5.3.12.1 Fase previa

Para este componente la caracterización se diseñó de conformidad con la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales – 2018, lo establecido en los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR –015, acogidos mediante Resolución 1670 del 15 de Agosto de 2017, y lo dispuesto en la norma nacional de ruido Resolución 0627 de 2006 del MADS.

En tal sentido y en lo referente a la fase previa de caracterización del área de influencia de la Planta Fotovoltaica La Sierra Solar se definieron los siguientes criterios:

- **Área de influencia preliminar**

Para la determinación del área de influencia preliminar se evaluaron las actividades a realizar dentro del área de intervención del proyecto y su ubicación en relación con la línea perimetral del área objeto de licenciamiento, así como los

receptores colindantes con el proyecto, relacionados con población y/o ecosistemas sensibles que pudieran verse afectados con las emisiones acústicas de la maquinaria y equipo y vías de acceso al proyecto.

- **Tipo de Sistema de Monitoreo de ruido ambiental y número de estaciones:**

Para el caso en específico y teniendo en cuenta que el proyecto objeto de evaluación se emplazará en una zona rural, con pocos asentamientos humanos, se diseñó un monitoreo indicativo con las siguientes características:

El número de estaciones se definió de acuerdo con los criterios de análisis establecidos en los TdR – 15 que indican lo siguiente:

*"Se debe realizar un muestreo de los niveles de presión sonora (ruido ambiental) en las zonas que se hayan identificado como las más sensibles (entre las que se deben considerar: áreas habitadas, áreas de importancia para la conservación de las aves - AICAS, áreas con presencia de actividades industriales y zonas de actividades pecuarias, entre otras) y áreas donde se identifiquen fuentes de generación de ruido que interfieran de manera significativa"*

De acuerdo con lo anterior se realizaron dos campañas de monitoreo de ruido, la primera de cinco (5) estaciones de monitoreo de ruido ambiental y la segunda de seis (6) que permitieran describir el clima sonoro existente en las zonas colindantes al proyecto, sitios poblados cercanos y fincas.

De los puntos definidos en cada una de las campañas, para dos (2) se consideró necesario realizar monitoreos 24 horas en día hábil y festivo dada su importancia en la zona, en el marco de la evaluación de impactos asociados a las actividades ejecutadas por el proyecto y se monitorearon el resto, durante 1 hora continua en periodo diurno/nocturno en día hábil y festivo, lapso de tiempo que se consideró representativo, teniendo en cuenta que dichos puntos se ubicaron en

zona rural con poca intervención antrópica y dinámicas sonoras relativamente estables.

- **Protocolos y parámetros de medición:**

Los protocolos de medición aplicados corresponden a los establecidos en la norma nacional de ruido, Resolución 0627 de 2006 del MADS, en lo ateniende a medición y evaluación de ruido ambiental para obtener el indicador LRAeq.

#### 2.5.3.12.2 Fase de campo y fase de análisis

- **Área de influencia definitiva (ANEXO D.1)**

Para la definición y delimitación del área de influencia del componente ruido, se usó un software de simulación y modelado acústico especializado llamado SoundPLAN Essential en su versión 5.0.

La estimación del comportamiento sonoro se realizó bajo método de cálculo CNOSSOS-EU: Noise Propagation 2016 y para la caracterización de las emisiones acústicas de las fuentes específicas del Proyecto, se realizó un proceso de homologación con respecto a los equipos que se proyecta serán utilizados en las fases constructivas, tomando como referencia la biblioteca de emisiones del Software SoundPLAN, la cual se basa en la información de emisiones espectrales típicas para proyectos de operación de diferentes sectores industriales (actividades constructivas) tomados de la estándar BS 5228: Part 1: 2009 – Code of practice for noise and vibration on construction and open sites y las emisiones de los transformadores tomadas de [https://www.euronoise2018.eu/docs/papers/98\\_Euronoise2018.pdf](https://www.euronoise2018.eu/docs/papers/98_Euronoise2018.pdf).

El modelo matemático de cálculo, utilizado para la estimación de las emisiones de ruido de carretera fue CNOSSOS-EU: Road: 2016 (Tráfico rodado).

- **Monitoreos de ruido ambiental Línea base:**

Para la fase de campo se contrató a la firma SERVICIOS DE CONSULTORIA, INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA – SIAM, acreditada ante el IDEAM mediante Resolución No. 1742 del 30 de julio de 2018 y Resolución de extensión 195 del 9 de marzo del 2021, Matriz Aire – ruido ambiental, para los parámetros y métodos descritos a continuación, Tabla 2.5-45.

**Tabla 2.5-45 Monitoreos de ruido ambiental Línea base:**

Monitoreo	Parámetro	Método de referencia
Ruido Ambiental.	Ruido Ambiental	Res. 627 de 2006, norma ANSI S1-4 y ANSI S1-40

**Fuente: Equipo técnico SIAM**

De igual manera se definieron los siguientes equipos para el trabajo de campo, Tabla 2.5-46:

**Tabla 2.5-46 Equipos de trabajo para trabajo de campo componente ruido**

Descripción de Equipo	Cantidad
Sonómetro SVANTEK 971	1
Calibrador Acústico Delta OHM	1

**Fuente: Equipo técnico SIAM**

- **Criterios de Micro localización:**

En lo que respecta a los monitoreos de ruido ambiental los sitios de ubicación de los equipos garantizan que no existan superficies reflectantes a menos de dos metros del micrófono de tal manera que no se generen interferencias en los resultados producto de campo reflejado.

- **Identificación de fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos:**

En el marco de la realización de las campañas de monitoreo de ruido ambiental, el equipo técnico de SIAM, efectuó un recorrido de campo y realizó un inventario de fuentes de emisión existentes en la zona, describiendo su naturaleza, georreferenciándolas y tomando registro fotográfico de las mismas.

- **Análisis de laboratorio e informes finales:**

Los análisis de las muestras tomadas y el informe final de resultados serán realizados por la Firma SERVICIOS DE CONSULTORIA, INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA – SIAM, acreditada por el IDEAM, para tal fin, los resultados obtenidos serán comparados con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 0627 del 2006 del MADS.

## 2.5.4 Caracterización Medio Biótico

---

### 2.5.4.1 Ecosistemas terrestres

---

Los aspectos metodológicos para la caracterización de cada uno de los componentes que conforman el medio biótico obedecen a los términos y condiciones aprobados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, de acuerdo con el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales". Por tanto, las técnicas de muestreo, el diseño de muestreo y la recolección fueron las establecidas en la Resolución 2308 del 22 de noviembre de 2019 ([muestreros 2021](#)), y [Resoluciones 02347 del 22 de diciembre de 2022](#) y [00291 del 01 de febrero de 2022](#) otorgadas a Sayab Medio Ambiente (Natura Medio Ambiente) para la caracterización de los ecosistemas terrestres , así como la Resolución 1403 del 16 de julio de 2019 otorgada a la empresa Biota

consultoría y medio ambiente y su resolución de prórroga 00460 del 08 de marzo de 2021, para la caracterización de los ecosistemas acuáticos (componente hidrobiológico).

Por tanto, en virtud de lo citado anteriormente, se sigue las consideraciones generales de los términos de referencia TdR-015 del 2017 para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para proyectos de uso de energía solar fotovoltaica, elaborados en el año 2017 por ANLA y acorde con la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, adoptada mediante la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS-.

#### 2.5.4.1.1 Flora Arbórea

La caracterización del componente flora permitió realizar un análisis y clasificación de las diferentes unidades de coberturas presentes en el área de influencia, considerando factores físicos, naturales y antrópicos. A pesar de que estos factores pueden llegar a expresar la composición, estructuras y tipos de vegetación, no permiten alcanzar un nivel de planeación para el uso y manejo de recursos naturales; por tanto, fue necesario realizar una recolección más exacta de información de diversidad y riqueza de especies a nivel local, su proporción, distribución, el estado en pie, la dinámica y el desarrollo del bosque. Por ello se recolectaron datos a nivel ecológico, silvicultural y dasonómicos a partir de unidades de cobertura naturales y seminaturales de manera directa en campo mediante el establecimiento de unidades de muestreo de una manera uniforme, buscando siempre que el procesamiento de datos fuera de fácil implementación y aplicables a los diferentes tipos de ecosistemas, de forma tal que permitieron comparaciones entre sí y expresaron el comportamiento biológico que rigen los fenómenos del bosque. De esta manera, se expone el estado actual de las coberturas vegetales presentes en el Área de Influencia físico-Biótica del proyecto para proponer medidas de manejo eficientes que permitan la prevención, minimización o mitigación de los posibles impactos que las actividades del proyecto puedan generar sobre las unidades de coberturas presentes, especialmente sobre aquellas zonas que manifiestan mayor sensibilidad.

La captura de información, procesamiento, análisis y conclusiones, son aspectos dentro del marco metodológico que se abordarán en tres diferentes fases; comenzando por una fase pre-campo, posteriormente una fase de campo y finalmente una fase post-campo.

#### *2.5.4.1.1.1.1 Fase pre-campo*

El objetivo de esta fase fue el rastrear la información secundaria y cartográfica disponible, que permitiera una aproximación confiable a las condiciones actuales de las comunidades vegetales allí presentes; con lo cual se definió preliminarmente los alcances en términos de unidades de coberturas a caracterizar, número de unidades muestrales a levantar por unidad de cobertura y otros aspectos que son determinantes para estructurar una excelente línea base, siendo un marco de referencia para fijar los potenciales valores de conservación presentes en el área.

##### 2.5.4.1.1.1.1.1 Fuentes de información

La búsqueda de información secundaria se realizó para el área de influencia físico-biótica, con el fin de realizar un diagnóstico de la información existente tanto en el área de estudio como a nivel regional, revisando información oficial publicada en sitios web, referente principalmente a los siguientes temas:

- Biomás, ecosistemas continentales y costeros asociados, según los resultados de consulta en el Sistema de Información Geográfica para el Ordenamiento Territorial Nacional, SIGOT del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010).
- Zonas de Vida o Formaciones Vegetales de Colombia, según los resultados de consulta del Mapa Ecológico a escala 1:500.000, publicado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1977). Link: <http://library.wur.nl/isric/index2.html?url=http://library.wur.nl/WebQuery/isric/6600>

- Áreas protegidas, áreas de manejo especial, ecosistemas sensibles o estratégicos del orden nacional, regional y/o local, reservas de la sociedad civil, reservas forestales de Ley 2 de 1959, con base en información suministrada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Unidad de Parques Nacionales Naturales, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, administraciones municipales y Resnatur.
- Condiciones de rareza, representatividad en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, remanencia y potencial de pérdida de biodiversidad del área de influencia del proyecto, según los resultados de consulta en el sistema de alertas tempranas denominado TREMARCTOS-COLOMBIA y el Listado de Factores de compensación del Manual de Compensaciones del Componente Biótico adoptado mediante la Resolución 256 de 2018.
- Otra fuente de información importante previo a la salida de campo fue consultar los instrumentos de planificación territorial (EOT o PBOT y POMCA) y las herramientas de planificación sectorial para enmarcar el área del proyecto dentro de estas; es así, como se trabajó con el Mapa Nacional de Ecosistemas Marinos y Terrestres para Colombia, con el fin de determinar los distritos biogeográficos, los biomas y ecosistemas, este mapa fue actualizado y adaptado a la escala de trabajo del proyecto.
- Para obtener un primer acercamiento a la flora, fue necesario obtener información de las especies potenciales de la zona, para lo cual se consultaron las bases de datos como: Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (R. Bernal, Gradstein, & Celis, 2015) <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/>, portal de datos del SIB – Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (Instituto Humboldt (2017) <https://datos.biodiversidad.co/search>. Lo anterior, con el fin de obtener información relacionada con las especies de la zona, los estados de

amenazas de las especies, las principales actividades económicas y la presión sobre el recurso forestal.

Posteriormente, se realizó una aproximación a las características bióticas de la zona de estudio, tales como, tipo y estado de las coberturas, permitiendo determinar los puntos de importancia para el desarrollo de muestreos encaminados a la caracterización del área de influencia del EIA.

#### 2.5.4.1.1.1.2 Etapa de pre-interpretación

La clasificación de las coberturas terrestres se realizó mediante la interpretación visual de ortofotomosaicos PlanetScope, con una resolución espectral de 4 bandas (Azul, Verde, Rojo, e Infrarrojo cercano) y una resolución espacial de 3 metros, con fecha de toma del 11-05-2021, se trabajó con el software ARGIS versión 10.8 realizando digitalización de las unidades homogéneas observadas a una escala de visualización mayor a la escala de salida, el cual permitió realizar una clasificación a una imagen. Dicha clasificación que arroja cada tipo de cobertura, con las cuales se reconoce, analiza y clasifica en toda la imagen de satélite; el resultado fue la delimitación de los polígonos para cada unidad de cobertura definidas bajo la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia y verificar las coberturas vegetales existentes actualmente dentro del área de influencia físico-biótica del proyecto.

Estos resultados fueron de tipo preliminar, sin embargo se constituyen en una herramienta fundamental para la identificación de las unidades de cobertura y las coordenadas en donde se levantaron las diferentes unidades muestréales; esta clasificación, sumada a la fase de campo, permitió ajustar estas unidades de coberturas a través de puntos de control debidamente georreferenciados, fueron la herramienta principal para la elaboración del mapa de uso y coberturas actual para el área del proyecto.

#### 2.5.4.1.1.1.3 Identificación de zonas de vida o formaciones vegetales

La caracterización de estas áreas es fundamental para conocer el tipo de comunidades vegetales que se desarrollan en la zona a intervenir. La misma se realizó a partir de la identificación de características morfológicas y fisiológicas del área y que son consecuencia de las condiciones particulares de las variables climáticas y/o edáficas.

Con el fin de determinar la formación vegetal presente en el área de influencia del EIA se consultó el documento Zonas de vida o Formaciones Vegetales de Colombia adaptado por el IGAC (Espinal y Montenegro, 1977) y basado en el sistema propuesto por Holdridge, 1979, quien define la zona de vida como un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, teniendo en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, con una fisonomía similar en cualquier parte del mundo, siendo este el parámetro utilizado para identificar o definir el sistema y no la composición florística.

Los principales factores que se tienen en cuenta para la clasificación de una región son la biotemperatura (rango de temperatura en el que pueden desarrollarse las plantas), precipitación y humedad relativa o provincias biogeográficas, definiéndose los límites de las zonas de vida por los valores medios anuales de dichos componentes.

De esta forma, se determina la biotemperatura promedio anual con la información de temperatura media y precipitación total anual registrada históricamente en las estaciones climáticas más cercanas y se procede a cruzar esta información de acuerdo al diagrama de la Figura 2.5-53 , en donde el punto en el que se interceptan las líneas de biotemperatura y precipitación señala la pertenencia a un determinado hexágono que contiene el nombre de la vegetación primaria que existe o que debería existir si el medio no hubiese sido alterado.

Posteriormente se observa el piso altitudinal al que pertenece la zona de vida, ubicado a la derecha del diagrama y determinado por las diferencias en la biotemperatura, obteniendo así la región altitudinal (en la escala vertical del lado izquierdo). Finalmente,

Ibagué y Piedras (Tolima)

teniendo como insumo estos datos y la información sobre isotermas e isoyetas, se procedió a interpolar en el software ArcGIS 10.8 para definir la zona de vida, las cuales se señalan con un color y el uso de unas siglas formadas por dos grupos de letras separadas por un guion: el primer grupo, en minúsculas, corresponde a las iniciales del nombre dado a la humedad, el segundo, en mayúsculas, a la inicial de la biotemperatura

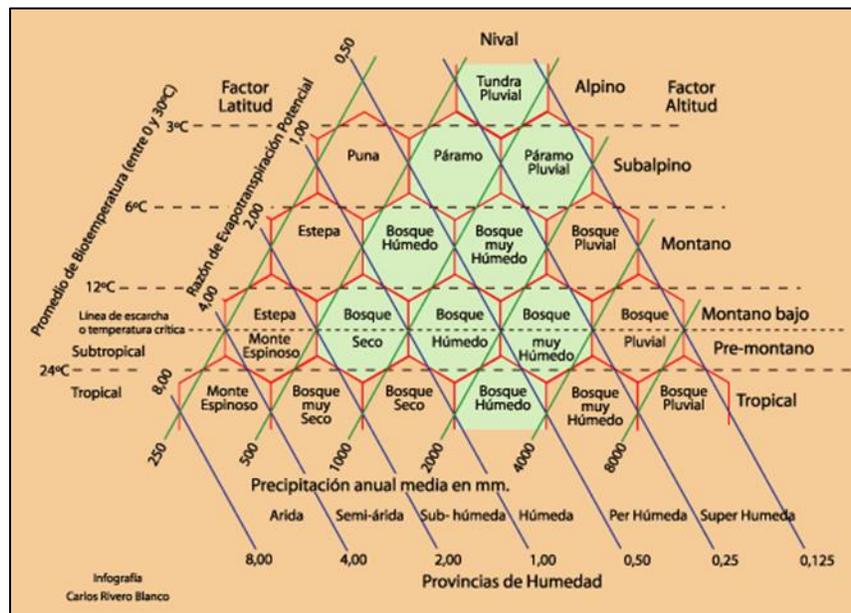


Figura 2.5-53 Diagrama de zonas de vida de Holdridge

Fuente: Holdridge, 1971

2.5.4.1.1.1.4 Identificación de biomas

Para llevar a cabo la identificación de biomas a la escala del estudio requerida se tomó como base la información temática del mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (IDEAM, 2017).

La información de esta capa es el resultado del trabajo realizado por el Instituto Alexander von Humboldt IAvH (2014), donde se analizan los patrones de distribución espacial de las especies al igual que el grado de similaridad taxonómica (Betadiversidad) en función del espacio. De esta capa se obtiene el concepto de unidades bióticas, que

surge del cruce de los polígonos de similaridad florística obtenidos por el citado autor, a los cuales se les sobreponen las regiones y subregiones del país definidas por el IGAC y las provincias y distritos biogeográficos identificados para Colombia por Hernández-Camacho.

Según Hernández, Hurtado, Ortiz y Walschburger, la realización de estudios biogeográficos resulta indispensable para el conocimiento y caracterización de la diversidad biológica del país pues, por una parte, permiten conocer la distribución original y actual de la biota y, por otra, atender muchas de las necesidades para su conservación y manejo. Igualmente, la biogeografía puede contribuir en forma significativa a la tarea de discernir patrones de evolución, patrones de especiación, etc.

Se realizó el ajuste de los biomas existentes dentro del área de estudio analizando los mapas de geomorfología y suelos elaborados para el estudio, con el fin de determinar las interacciones de estos factores con la fisionomía de la vegetación. De esta forma se definieron las unidades climáticas, teniendo en cuenta los datos promedio multianuales de la temperatura y precipitación registrados en las estaciones meteorológicas más cercanas al área de influencia biótica del EIA. De acuerdo con el Mapa Nacional de Ecosistemas Marinos y Terrestres para Colombia, última actualización elaborada por el IDEAM y el HUMBOLDT versiones del Mapa de Ecosistemas 1.1 y 2.1, se observa que en el área de influencia físico-biótica del proyecto Fotovoltaico Shangri-La, hay presencia de cuatro biomas (IAvH, 2017) el Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande, Orobioma subandino chaparral, Hidrobioma Tolima grande e Hidrobioma chaparral.

#### 2.5.4.1.1.1.5 Interpretación e identificación de coberturas de la tierra

El IDEAM define la cobertura como una unidad delimitable que surge del análisis de las respuestas espectrales que dan las características ambientales y fisionómicas respecto a una unidad próxima. La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000. Como principal

resultado el país cuenta con la "Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia".

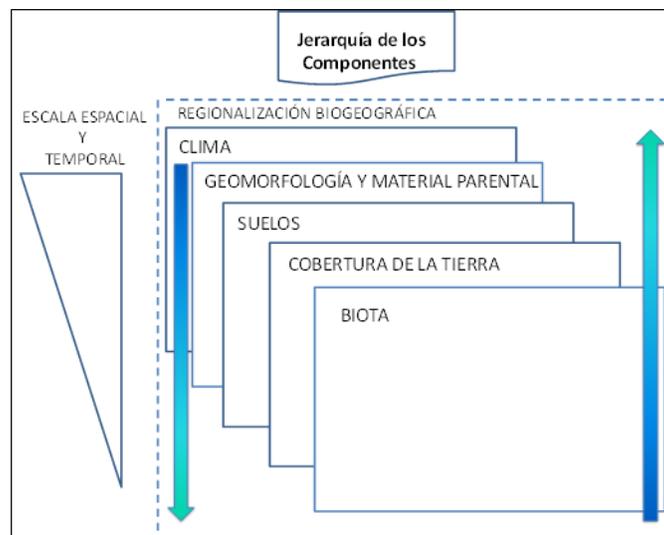
La teledetección, junto con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite disponer de una amplia gama de datos sobre el territorio, ampliando notablemente la capacidad de análisis de los fenómenos naturales y sociales, a la vez que posibilita el análisis integrado del paisaje. En esta etapa se llevó a cabo la interpretación de imágenes satelitales utilizando como insumo una ortofoto, incluyendo un análisis multi espectral. Con ello se obtuvieron patrones de identificación de coberturas, elaborando un mapa temático preliminar a escala de trabajo o captura 1:6.250 y de presentación 1:25.000, estableciendo la codificación de las coberturas de acuerdo con el sistema CORINE Land Cover (2010) y que sirvió de insumo para proponer los sitios de muestreo o puntos de control.

Posteriormente, en la fase postcampo se realizó la comprobación de las unidades diferenciadas por medio de la verificación y toma de los puntos de control determinados previamente en oficina. Una vez verificados los puntos en campo, se ajustó el mapa tanto en estos sitios como en áreas homólogas. La interpretación y digitalización de las unidades de cobertura se efectuó directamente en pantalla, utilizando el software ArcGis 10.8 y realizando una clasificación de tipo visual. Durante la interpretación se aplicaron reglas básicas de delimitación, agregación y generalización (IDEAM, 2010), que permitieron decidir sobre polígonos que no cumplen el criterio de área mínima de mapeo establecida de acuerdo con la escala de captura de la información.

La descripción de las coberturas vegetales se realizó utilizando la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000 (IDEAM, 2010). Con el fin de obtener dicha cobertura para el área de estudio en específico, se integró información obtenida en imágenes de satélite, un ortofotomosaico PlanetScope con fecha de captura del 11/05/2021, con una resolución espacial de 3 m y 4 bandas, para luego hacer una descripción con una escala más detallada y particularizada con la información obtenida en campo.

#### 2.5.4.1.1.1.6 Identificación, sectorización y descripción de los ecosistemas naturales y seminaturales

Los ecosistemas determinados dentro del área de influencia biótica del EIA son el resultado del cruce espacial de los mapas de unidades bióticas, geomorfología, suelos y unidades climáticas, que en conjunto determinan las características que permitieron definir zonobiomas, peinobiomas, helobiomas, etc., dentro del mapa de biomas. Este último se cruzó a su vez con el de coberturas de la tierra a la escala del proyecto para generar el mapa de ecosistemas naturales y semi-naturales. En la Figura 2.5-54 , se observa el marco conceptual.



**Figura 2.5-54 Modelo jerárquico de los factores de estado analizados dentro de una concepción biogeográfica para la elaboración de ecosistemas continentales**

Fuente: IDEAM et al., (2017), (adaptado de Klijn and Udo de Haes, 1994)

#### 2.5.4.1.1.1.7 Definición de la forma y tamaño de las unidades muestrales

La muestra es una parte representativa de la población con la que se pueden hacer inferencias correctas de los valores de la población, con el objeto de estimar alguna propiedad intrínseca de la misma. Una vez definidas las diferentes unidades de cobertura

dentro del área de influencia biótica del EIA se determinó la forma y tamaño de las unidades muestrales levantadas en campo para cada cobertura, teniendo en cuenta las características estructurales, fisonómicas y sucesionales de las mismas. De acuerdo con el tipo de comunidad vegetal se trabajó con parcelas rectangulares y/o cuadradas. En la Tabla 2.5-47, se relaciona el tamaño de las parcelas en las diferentes coberturas.

La unidad de muestreo para cada tipo de cobertura, varía de acuerdo a la posible heterogeneidad y variación estructural que pueda ser encontrada, es por eso que para el presente estudio, se basó en la metodología utilizada por Gentry (1982) y modificada posteriormente por el Convenio ISA-JAUM (2004) denominada RAP; muestreo rápido de vegetación (Rapid Assessment Plot), que consiste en establecer parcelas rectangulares en bloques de diferentes dimensiones, acorde a la estructura de la cobertura vegetal (10 m de ancho x 100 m de largo), cada uno de ellos subdividido en sub parcelas de 10 \* 5 m (0,005 ha).

**Tabla 2.5-47. Tamaño de las unidades de muestreo**

Unidad de cobertura vegetal	Categoría de tamaño	Tamaño
Bosque de galería y ripario	Fustales	100m * 10m (1000m <sup>2</sup> )
	Latizales	5m * 5m (25m <sup>2</sup> )
	Brinzales	2m * 2m (4m <sup>2</sup> )
Pastos arbolados	Fustales	100m * 10m (1000m <sup>2</sup> )
	Latizales	5m * 5m (25m <sup>2</sup> )
	Brinzales	2m * 2m (4m <sup>2</sup> )
Vegetación secundaria alta	Fustales	50m * 10m (500m <sup>2</sup> )
	Latizales	5m * 5m (25m <sup>2</sup> )
	Brinzales	2m * 2m (4m <sup>2</sup> )

Unidad de cobertura vegetal	Categoría de tamaño	Tamaño
Vegetación secundaria baja	Fustales	20m*10m (200 m <sup>2</sup> )
	Latizales	5m * 5m (25m <sup>2</sup> )
	Brinzales	2m * 2m (4m <sup>2</sup> )
Pastos limpios – Pastos enmalezados	Herbáceas	1m * 1m (1m <sup>2</sup> )

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

#### 2.5.4.1.1.2 Fase de campo

La fase de campo consistió en la captura de información primaria, proceso mediante el cual se obtuvieron los datos relacionados con las características de la flora existente en el área de influencia y área de intervención del proyecto Fotovoltaico Shangri-La, de la siguiente manera:

- Muestreo forestal en las coberturas naturales y seminaturales presentes en el área de influencia físico-biótica: Una vez definidas y especializadas las unidades de cobertura de la tierra, se realizó una selección al azar preliminar de los sitios de muestreo, teniendo en cuenta los distintos ecosistemas naturales y seminaturales identificados, así como su extensión y distribución en el área de influencia. Se realizó el muestreo estadístico para cada ecosistema natural y seminatural con una probabilidad del 95% y un error inferior al 15% en la categoría de fustales, con el fin de estimar el volumen de aprovechamiento.

Posteriormente, se procedió a realizar el levantamiento de la información de las parcelas acorde a las formas y tamaños para cada cobertura vegetal, con una cuerda de polipropileno se ubicó su eje central y se marcó subparcelas cada 10 metros de longitud, la marcación de la parcela se realizó al iniciar el primer individuo fustal con pintura de aceite y se georreferenció con gps al inicio y final de la parcela. Las parcelas de

caracterización se establecieron en los fragmentos más representativos, garantizando en lo posible, la disminución del efecto de borde y distribuyéndolas de forma regular dentro del área de estudio. La caracterización florística del área de estudio permitió el conocimiento de la diversidad florística, el análisis de la dinámica de la población en cuanto a categorías de tamaño (fustales y regeneración natural), su estructura y funcionalidad. Ver Fotografía 2.5-10 y Fotografía 2.5-11. Para el muestreo estadístico fue necesario utilizar materiales y equipos como: cinta métrica, GPS, cámara fotográfica, decámetro, cuerda de señalización de polipropileno, pintura asfáltica amarilla, machete y celular con software Fulcrum.



**Fotografía 2.5-10** Marcación de parcela



**Fotografía 2.5-11** Marcación de parcela

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

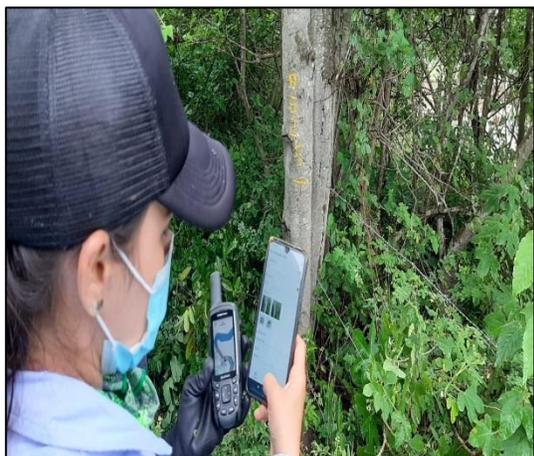
- Censo forestal al 100% del área de intervención del proyecto para las coberturas transformadas: se realizó el inventario forestal al 100% de los fustales (todos los individuos mayores a 10 cm de DAP). Para las coberturas transformadas a intervenir por el proyecto con el fin de solicitar el aprovechamiento forestal del parque solar.

#### 2.5.4.1.1.2.1 Registro y medición de individuos

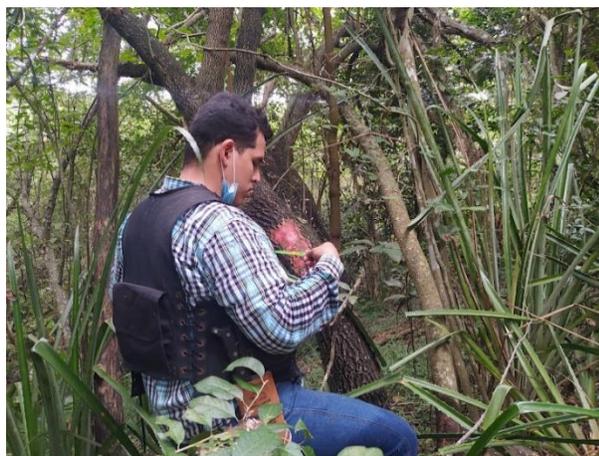
Con la definición de las áreas a muestrear en las diferentes unidades de cobertura, las parcelas se demarcaron y delimitaron temporalmente, se les asignó un código para su identificación y se georreferenciaron al inicio y fin de cada una, para obtener datos que

permitieran ubicar espacialmente los árboles, así mismo cada parcela fue orientada con ayuda del GPS (punto cardinal y grados), para posteriormente saber su ubicación exacta y para su presentación en el mapa de coberturas a escala 1:25.000.

Dentro de cada parcela se levantó la información relacionada con los individuos fustales (árboles, arbustos, palmas), los cuales fueron marcados con pintura en aceite e identificados al nivel taxonómico más detallado posible. El registro de la información y las mediciones se realizó mediante el uso de dos formatos de campo FULCRUM F3.1 Caracterización Fustales y F3.2 Caracterización Regeneración natural (ver Fotografía 2.5-12), donde se consignaron generalidades como nombre del proyecto, número de parcela, coordenadas, altura sobre el nivel del mar y fecha. También se realizó la medición de variables dasométricas como circunferencia a la altura del pecho (CAP1, en caso de presentar polifurcados se tomaron como CAP2, CAP3, CAP4 y CAP5) (ver Fotografía 2.5-13) estimación de altura comercial y altura total de los individuos con el clinómetro, que es un instrumento metrológico que se utiliza para determinar el ángulo en grados sexagesimales, con respecto a la vertical, de distintos objetos. Se describe el procedimiento para el registro de la categoría de tamaño. También se evalúa el estado fitosanitario del individuo en bueno, regular o malo, catalogando de acuerdo a la vitalidad de cada uno.



Fotografía 2.5-12 Registro de datos digitales



Fotografía 2.5-13 Medición de CAP

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

#### 2.5.4.1.1.2.2 Variables de medición por categoría de tamaño

Los individuos con más de un tallo (bifurcado o polifurcado), fueron medidos y registrados siempre y cuando se encontrarán por debajo de 1,3 m en fustales y que el tallo cumpliera con el tamaño del diámetro para su inclusión, igualmente para cada categoría de tamaño de acuerdo con la Tabla 2.5-48.

Tabla 2.5-48 Variables de medición por categoría de tamaño

CATEGORIA TAMAÑO	DAP (cm)	CAP (cm)	ALTURA (m)
Fustales	$\geq 10$	$\geq 31,4$	Sin restricción
Latizales	$\leq 9$		$\geq 1,5$
Brinzales	-	-	30 cm a 1,5 m

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

#### 2.5.4.1.1.2.3 Medición para el diámetro de los individuos

La medición del Diámetro a la Altura del Pecho –DAP- tanto de latizales como fustales fueron medidos a 1,3 m de altura, determinado de acuerdo con las condiciones especiales que presentara cada individuo, estas se efectuaron con la ayuda de una vara dimensionada a 1,3 m de longitud y en forma perpendicular al eje del fuste, finalmente

se marcó con pintura asfáltica en el tronco del individuo de manera circular como se observa en la Fotografía 2.5-14.

La medición del DAP se efectuó con cinta métrica y se realizó la conversión en oficina. Para los brinzales solo se tuvo en cuenta su abundancia.



**Fotografía 2.5-14 Marcación del POM**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

Para la medición del diámetro de los tallos, se debió tener en cuenta algunas condiciones del tronco que pudieran hacer variar el POM (Punto Óptimo de Medición), para ello se siguió la metodología propuesta del Manual Inventario Forestal Nacional (IDEAM, 2018). La variación que tenga el POM debió quedar registrada en los formularios en la columna de observaciones.

a) Tallos únicos: Se realiza una sola medición, utilizando la cinta métrica a los 1,3 m de altura.

b) Tallos irregulares: En individuos con irregularidades muy pronunciadas tales como abultamientos, nudos y cicatrices, entre otras, se procede a realizar la medición del diámetro después de que termine la irregularidad por lo general a 50 cm si es posible.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Sin embargo, en algunos casos se hace necesario localizar la medida del diámetro por debajo del 1,3 m.

c) Tallos con raíces: Si llegaran a presentarse raíces superficiales que superen los 1,3 m, la medición del diámetro se realiza 50 cm arriba de donde estas terminan.

d) Tallos múltiples o rebrotes: Para árboles ramificados a una altura menor de 1,3 m o tallos múltiples, se mide cada tallo comenzando con el número consecutivo del tallo de mayor grosor y se continúa con la letra B) (Ver Fotografía 2.5-15), en sentido a las manecillas del reloj. Se debió estimar las alturas por cada tallo.



**Fotografía 2.5-15 Maricación de bifurcados**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

#### 2.5.4.1.1.1.2.4 Medición de alturas de los individuos

La altura es una medida indirecta y se efectúa al 100% en todos los individuos del inventario forestal. Con el fin de minimizar errores de estimación, se utilizó el instrumento de clinómetro (ver Fotografía 2.5-16) y la aplicación app clinómetro forestal (ver Fotografía 2.5-17), que permiten medir el ángulo de elevación del árbol de referencia. En el caso de bifurcaciones o polifurcaciones se le debió registrar cada una de las alturas (total y del fuste) para cada tallo. En la medición de la altura de palmas y helechos

arbóreos, la altura total es la misma que la altura de fuste, y se toma desde la base del individuo hasta el punto donde inicia el penacho de hojas.

Altura total: Se define como la distancia vertical del árbol, medido desde la base del individuo hasta el ápice. Se mide a todos los brinzales, latizales y fustales.

Altura del fuste: Se define como la distancia vertical del tallo medido desde la base del individuo hasta la primera rama que haga parte de la copa. Se mide solo para la categoría fustal.



Fotografía 2.5-16 Medición clinómetro



Fotografía 2.5-17 App Clinómetro Forestal

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

#### 2.5.4.1.1.2.5 Registro fitosanitario en el inventario forestal al 100%

Se evalúa cada uno de los individuos según la condición, la cual se refiere al estado vital:

Condición:

Mp: Muerto en pie

VP: Vivo en pie

Vc: Vivo caído

Rb: Rebrote

Se evalúa la vitalidad de los individuos según el daño o la forma del fuste:

Daño:

Dbm: Daño biológico o mecánico

E: Estrangulado por bejuco, liana o matapalo

Q: Quebrado

B: Bueno (Ausencia de daño)

Forma del fuste:

R: Recto

I: Inclinado

Irr: Irregular

2.5.4.1.1.1.2.6 Esfuerzo de muestreo

10. Determinación de la muestra

A partir de la definición de las coberturas vegetales de porte arbóreo, se realizó un premuestreo por cada cobertura con el fin de determinar el número óptimo de unidades muestrales para cumplir con un error menor al 15% con una probabilidad del 95%. El cálculo del número de parcelas está dado por el coeficiente de variación, el error de muestreo deseado y el uso de la tabla de distribución t Student de dos colas. La relación de estas variables está dada por la fórmula:

$$n = \frac{(t_{\alpha/2gl})^2 * (CV\%)^2}{(E\%)^2}$$

$t_{\alpha/2gl}$ : Valor de la tabla t-student con un nivel de significancia  $\alpha$   
 con n-1 grados de libertad  
 CV%: Coeficiente de variación asociado a la etapa de pre -  
 muestreo  
 : E % error de muestreo igual o menor al 15%

Para cada una de las coberturas vegetales identificadas, se realizaron como mínimo tres (3) parcelas para garantizar un coeficiente de variación (CV) más estable.

## 11. Error de muestreo

Para la caracterización de las coberturas de la tierra con presencia de individuos de porte arbóreo, se realizó el levantamiento de la información dando cumplimiento con la representatividad estadística por cada unidad de cobertura, definida en los términos de referencia y la guía metodológica para la presentación de estudios ambientales del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, con una probabilidad del 95% y error de muestreo inferior al 15%.

Las coberturas inventariadas en las cuales se realizó el cálculo de precisión estadística corresponden a Pastos Arbolados, Bosque Ripario, Vegetación Secundaria Alta y Vegetación Secundaria Baja. Por cada cobertura se realizó el cálculo de los estadígrafos sobre el volumen total de las parcelas por cobertura de acuerdo con las fórmulas presentadas a continuación (Tabla 2.5-49):

**Tabla 2.5-49 Estadígrafos para el cálculo del error del volumen total**

Estadígrafo	Ecuación	Descripción
Media	$\bar{x} = \sum \frac{X_i}{n}$	$X_i$ son los volúmenes totales y $n$ el número de las parcelas.
Desviación Estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}{n-1}}$	$X_i$ son los volúmenes totales y $n$ el número de las parcelas.
Coefficiente de Variación	$Cv\% = \left(\frac{S}{\bar{x}}\right) * 100$	$S$ es la desviación estándar y $\bar{x}$ la media de los volúmenes totales
Error Estándar	$E = S \sqrt{n}$	$S$ es la desviación estándar y $n$ el tamaño de la muestra o número de parcelas.
Límites de confianza	$L = (\bar{x} \pm t^* E)$	$t$ son los grados de libertad ( $n-1$ ), probabilidad (95%), $\bar{x}$ la media de los volúmenes totales y $E$ , el error estándar
Error relativo de muestreo	$Er\% = (t^* E) / \bar{x} * 100$	$t$ son los grados de libertad ( $n-1$ ), probabilidad (95%), $\bar{x}$ la media de los volúmenes totales y $E$ , el error estándar

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

#### 2.5.4.1.1.1.2.7 Diseño de parcelas

Se debió iniciar la parcela amarrando la cuerda desde un árbol, el cual fue el primer fustal que ingreso al registro del formato de planilla FULCRUM F3.1 Caracterización Fustales. Este primer fustal debió ser marcado con pintura asfáltica nombrando la sigla de la cuadrilla, el código de la parcela y el número consecutivo del individuo, esta marcación se realiza únicamente en el primer individuo, después solo se marca el fuste con el número consecutivo del individuo que se reiniciará en cada parcela.

### 12. Cobertura de bosque ripario y Pastos arbolados

En las unidades de cobertura de bosque ripario el tamaño de las parcelas establecido para fustales fue de 100m x 10m, correspondiente a 0,1ha de muestreo (Rangel y Velázquez, 1997). Las unidades muestrales se identificaron con el código de la cuadrilla, seguida de un número consecutivo (C/P1, C/P2...n) y se georreferenciaron al inicio y al final de cada una, localizándolas en el mapa de cobertura vegetal.

Para la caracterización de la regeneración natural; latizales se levantaron 5 subparcelas de 5m x 5m, dentro de la primera de caracterización fustal, mientras que para los brinzales se realizó el mismo número de sub parcelas de 2mx2m dentro de las sub parcelas para inventario de latizales (Ver Figura 2.5-55). Cabe mencionar que en los sitios para el establecimiento de las parcelas dentro del bosque se debe buscar un área donde se evidencie una estructura ideal y un estado de conservación representativo del mismo.

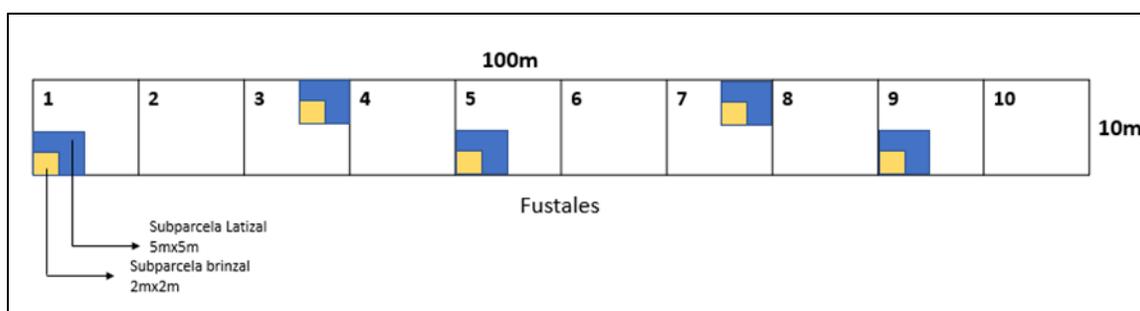
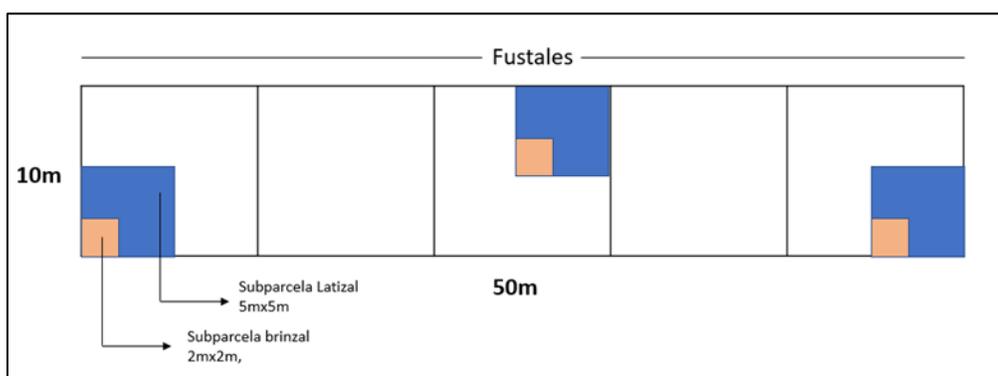


Figura 2.5-55 Diseño gráfico de parcela de 1000m<sup>2</sup> (0,1 ha)

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

### 13. Cobertura de vegetación secundaria alta

Para estas coberturas se establecieron parcelas de 50x10 (500m<sup>2</sup>) (ver Figura 2.5-56), en la cual se crearon tres subparcelas para evaluar la regeneración natural. La subparcela se delimito con un área de 25m<sup>2</sup> (5m x 5m) en la cual se registró información correspondiente a latizales (individuos con alturas superiores a 1m y diámetros menores a 9 cm) y brinzales (individuos con alturas inferiores a 1,5m y mayor a 30cm de altura) correspondientes a los individuos contenidos en subparcelas de 4m<sup>2</sup> (2m x 2m).



**Figura 2.5-56 Diseño gráfico de parcela de 500m<sup>2</sup> (0,05 ha)**

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

### 14. Vegetación secundaria baja

Para esta cobertura se establecieron parcelas de 20x10m (200m<sup>2</sup>) (ver Figura 2.5-57), en la cual se crearon dos subparcelas para evaluar la regeneración natural. La subparcela se delimito con un área de 25m<sup>2</sup> (5m x 5m) en la cual se registró información correspondiente a latizales (individuos con alturas superiores a 1,5m y diámetros menores a 9cm) y para los brinzales (individuos con alturas inferiores a 1,5m y mayor a 30cm de altura) correspondientes a los individuos contenidos en subparcelas de 4m<sup>2</sup> (2m x 2m).

Ibagué y Piedras (Tolima)

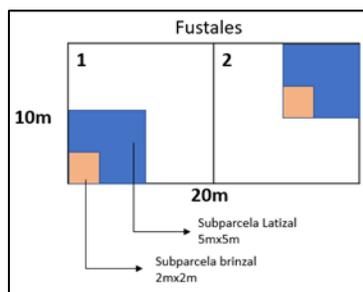


Figura 2.5-57 Diseño gráfico de parcela de 200m<sup>2</sup> (0,02 ha)

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

### 15. Pastos

Para esta cobertura se establecieron parcelas de 1x1m (ver Fotografía 2.5-18), estas parcelas igualmente fueron establecidas al azar y en cada una se midió el porcentaje de cobertura por especie presente dentro del recuadro.



Fotografía 2.5-18 Parcela de Pastos

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

#### 2.5.4.1.1.2.8 Colección del material botánico

Para la identificación de especies vegetales se utilizó la metodología de colección de especies incluida dentro del "Manual de Métodos Para el Inventario de Biodiversidad (Villarreal et al. 2004). No se llevó el material colectado para la clasificación taxonómica a entidades especializadas como el Jardín Botánico de Bogotá, por lo que se consultó

con un botánico experto en flora. Para la colección en campo se utilizaron bolsas plásticas transparentes de 30cm x 40cm para cada muestra botánica y posteriormente fueron depositadas en un costal para evitar la excesiva transpiración del material vegetal. El prensado del material se realizó de manera diaria (Ver Fotografía 2.5-19).



**Fotografía 2.5-19 Colecta en campo**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

## 16. Colecta

Para la colección de muestras botánicas fue imprescindible el uso del cortarramas que llegara hasta 12 metros mínimo. Una muestra botánica es una porción terminal de una rama verde de una planta de una longitud entre 30 y 40 cm. Cuando la muestra tiene indicios de su estado reproductivo (botones florales, flores completas, frutos inmaduros o frutos maduros) se denomina muestra fértil, y cuando ocurre lo contrario se denomina muestra estéril. En el caso de muestras fértiles se debió coleccionar por lo menos dos y, en el caso de muestras estériles, con una fue suficiente.

Una vez obtenida la muestra, se marcó con una porción de cinta de enmascarar con el ID de la parcela y el número del individuo (ejemplo P2-19). Se cortan con las tijeras podadoras los excesos de hojas, y se dispone la muestra marcada en una bolsa de colección (ziploc o cierre fácil). Se pueden colocar varias muestras en la bolsa.

Si el individuo tenía hojas compuestas, se debió procurar dejar dos o tres hojas completas. Luego se depositó la bolsa con muestras en el costal de lona. Para guardar las muestras fértiles se utilizaron bolsas individuales, para que no se confundieran las flores o frutos caídos con las muestras de otros individuos.

En este punto fue necesario anotar las características de los individuos colectados en el Formulario F4.1 Colección botánica, estas correspondían a rasgos morfológicos que se pierden una vez se colecta la muestra y que en el herbario resultan cruciales para hacer la determinación taxonómica. Se describió si el individuo tenía espinas, la presencia de exudado, el tipo (acuoso, látex, resina o goma), el color del exudado, la abundancia (poco o abundante) y olores característicos.

#### 17. Prensado

Una vez en el lugar dispuesto para procesar las muestras botánicas cada día, se reunió todos los equipos para realizar de manera conjunta el prensado y la respectiva homologación de las muestras que lo permitían. Esto se realizó con el fin de no prensar muchas veces la misma morfoespecie, se seleccionó con los equipos la mejor para enviar al profesional experto botánico y cada equipo anoto el código del espécimen con el cual fue homologado su muestra colectada.

Cada muestra se dispone sobre el periódico en hoja sencilla (tamaño promedio 35cm de largo x 28cm de ancho) y se marcó con el código de campo en la margen superior de la primera página y la margen derecha de la segunda página, teniendo en cuenta que, si se presenta más de una cuadrilla, el código es precedido de una letra asignada para cada grupo de trabajo.

Una vez la muestra se disponía en el periódico ya marcado, se acondiciona al tamaño del periódico, cortando con la tijera podadora el exceso de hojas y hojas dañadas. Se dispuso hojas tanto por el haz como por el envés de forma estética y distribuida.

Las muestras prensadas se ponen una encima de otra y comprimen cuidadosamente, haciendo presión de arriba hacia abajo con las dos manos, hasta alcanzar aproximadamente 30 cm de altura, el cual es empacado y dispuesto en paquete. Para esto, primero se tomaron tres hojas dobles de periódico una sobre otra, y se superponen aproximadamente 15 cm por el lado más delgado, y se dispone el montón de muestras encima de este. Se comprime fuertemente, pero con cuidado y se recubre con el sobrante de las hojas dobles. Por último, se amarra con una cuerda de polipropileno en cruz, preferiblemente con un nudo fácil de desamarrar.

Para el almacenamiento, se depositan los paquetes en bolsas de alcoholizar (es posible poner más de un paquete por bolsa). Seguidamente, se vierte el alcohol sobre los paquetes dentro de la bolsa, la cantidad de alcohol varía según la cantidad de paquetes en la bolsa. Con un solo paquete se utiliza aproximadamente una botella de 750 ml, mientras con un paquete muy compacto o con varios se utilizan hasta botella y media, lo importante es que las muestras se empapen de alcohol generosamente. Bajo estas condiciones el material botánico puede preservarse hasta por tres meses antes de llegar a un herbario para ser procesado o en este caso hasta las manos del profesional botánico. Posteriormente, se saca el aire de la bolsa, dando vueltas al paquete y presionándolo hacia el cuerpo, finalmente se cierra la bolsa con cuerda de polipropileno con un nudo.

#### 18. Identificación del material vegetal

La identificación de las muestras colectadas fue realizada por un profesional experto apoyado en la consulta en colecciones depositadas y/o virtuales. La información relacionada con la clasificación taxonómica para cada especie registrada como familia, nombres aceptados y autores fue corroborada con la base de datos de Tropicos.org; teniendo en cuenta que se encuentra actualizada con la clasificación APG IV, 2016.

### 2.5.4.1.1.1.3 Fase de oficina

#### 2.5.4.1.1.1.3.1 Actualización mapa de coberturas

Para la actualización del mapa de coberturas se realizó la comprobación de campo, que consistente en la recolección de información primaria por medio de la verificación de puntos de control de cobertura por cada una de las cuadrillas de flora y fauna, localizados en diferentes sitios de interés por unidades de cobertura. Una vez verificados dichos puntos en campo se ajustó el mapa tanto en los sitios visitados como en áreas que presentaban los mismos patrones, texturas y firmas espectrales.

#### 2.5.4.1.1.1.3.2 Cálculo de volúmenes

Para el cálculo de los volúmenes se empleó la ecuación de volumen convencional, ajustada con el coeficiente mórfico o factor de forma, el cual corrige el volumen dada la forma cónica del árbol (Lema, 2003), para el cual se adopta el valor de 0,7 acorde con CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE, 1991).

#### 2.5.4.1.1.1.3.3 Caracterización florística

Con la información recopilada en campo se procedió a realizar el análisis estructural de la vegetación en los diferentes estados (fustal, latizal y brinzal) y se evaluó el comportamiento de las especies presentes en el área de influencia físico-biótica del EIA, siguiendo la metodología general para la presentación de estudios ambientales del MAVDT y los términos de referencia TdR para la elaboración del EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR-015. Expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS. Los parámetros utilizados para esta caracterización se relacionan en la Tabla 2.5-50.

**Tabla 2.5-50 Parámetros a evaluar en la caracterización florística y estructural del área de Influencia Biótica**

Parámetro	Definición	Fórmula y/o Rangos de Análisis
• Estructura Vertical		
1.1 Diagrama de perfil	Este método está basado en la elaboración de un perfil de vegetación	Se trasfiere la información a una gráfica de barras, ubicando en el eje X los individuos

Parámetro	Definición	Fórmula y/o Rangos de Análisis
	que consiste en una representación bidimensional de una estructura tridimensional como es el bosque. Para la construcción del perfil es necesario medir coordenadas planas de cada uno de los árboles, diámetro normal, diámetro de copa, altura total, altura hasta la base de la copa y la identificación del árbol.	y en el eje Y la altura. Posteriormente y basados en bocetos de las formas de las copas, se reemplazan las barras por dibujos de árboles. Estos esquemas deben corresponder a los hábitos de crecimiento de los individuos. Este diagrama de perfil se realiza con el Software AutoCAD 2018.
<b>1.2</b>	<i>Estratificación del perfil del bosque</i>	
<b>1.2.1 Ogawa (1965)</b>	Uno de los procedimientos para detectar la presencia de estratos consiste en la elaboración de gráficas que relacionan las alturas totales y hasta la base de la copa de los individuos, con el fin de identificar la aparición de enjambres de puntos más o menos aislados. Este comportamiento indica el virtual vacío de las copas en los niveles intermedios y sugiere un número de estratos diferenciales en el perfil del bosque. Si se genera una sola nube de puntos alargada y con pendiente positiva, no es posible diferenciar los estratos del bosque ya que existe un continuo desde el sotobosque hasta el dosel.	Se realiza una gráfica con las alturas totales en las ordenadas y en las abscisas las alturas hasta la base de la copa.
<b>1.2.2 Clases altimétricas</b>	Rojas (1996) propuso una organización de los árboles en tres (3) pisos sociológicos predefinidos. Aunque es preciso incluir el piso arbustivo con individuos con alturas menores a 5 m. Es de mencionar que la etapa sucesional en la cual se encuentra la cobertura vegetal determina el grado de complejidad de la estructura y las características arquitecturales de los árboles.	Se calculó el número de individuos correspondiente a cada estrato arbóreo de la siguiente manera: Estrato Arbustivo $5 > h$ , Estrato Arbóreo Inferior $12 \geq h > 5$ , Estrato Arbóreo Medio $24 \geq h > 12$ y Estrato Arbóreo Superior $h > 24$ .
<b>1.2.3 Posición sociológica</b>	Determina la importancia de una especie según su presencia en los diferentes estratos del bosque. Si una especie está	Para calcular el valor absoluto de la posición sociológica de una especie se suman sus valores fitosociológicos en cada

Parámetro	Definición	Fórmula y/o Rangos de Análisis
	presente en todos los estratos arbóreos tendrá asegurado su lugar en la estructura y composición florística. Se obtienen valores numéricos por especie en cada estrato para ver la regularidad de la abundancia de individuos entre los diferentes estratos. Una disminución gradual en el número de individuos de una especie entre el estrato inferior y el estrato superior dará mayor valor en la posición sociológica de la especie en cuestión.	<p>substrato, el cual se obtiene efectuando el producto del VF del estrato considerado por el número de individuos de la especie en ese mismo estrato.</p> $PSa=VF(i)*n(i)+VF(m)*n(m)+VF(s)*n(s)$ <p>Dónde: VF: Valor fitosociológico de la especie. N: Número de individuos en el substrato (s=Superior, m=medio i= inferior a=arbustivo).</p>
<b>• Estructura Horizontal</b>		
<b>2.1</b>	<i>índices convencionales</i>	
Abundancia absoluta	Es el número de árboles por especie contabilizados en el inventario.	<b>Aa</b> = No de individuos por especie
Abundancia relativa	Es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de árboles.	<b>Ar</b> = (N° de individuos por especie / N° de individuos en el área muestreada) X 100
Frecuencia absoluta	Es la relación porcentual de la presencia o ausencia de una especie en cada una de las unidades de muestreo.	<b>Fa</b> = (N° de unidades de muestreo en que ocurre una especie / N° total de unidades de muestreo) X 100
Frecuencia relativa	Es la relación porcentual de la frecuencia absoluta de una especie dividida entre la sumatoria de todas las frecuencias absolutas de todas las especies.	<b>Fr</b> = (Fa de una especie / suma de todas las Fa) X100
Dominancia absoluta	Es el grado de cobertura de las especies en términos del espacio ocupado por ellas, siendo expresada como la sumatoria del área basal de todos los individuos de una especie.	<b>Da</b> = suma de las áreas basales de todos los individuos de una especie tomados en la muestra.
Dominancia relativa	Es la relación porcentual entre el área basal de una especie y la sumatoria total de las dominancias absolutas de todas las especies tomadas en la muestra.	<b>Dr</b> = (Área basal total de cada especie / suma áreas basales en el área muestreada) X 100

Parámetro	Definición	Fórmula y/o Rangos de Análisis
Índice de Valor de Importancia (IVI)	Es la sumatoria de los parámetros de abundancia, frecuencia y dominancia expresados en porcentaje. El valor máximo es de 300 y se presenta cuando solamente hay una especie presente en el área muestreada. En consecuencia, los valores de IVI más altos indican las especies o familias que predominan.	$IVI = Ar\% + Fr\% + Dr\%$ <p><b>Ar%:</b> Abundancia relativa <b>Fr%:</b> Frecuencia relativa <b>Dr%:</b> Dominancia relativa</p>
Cociente de mezcla (C.M)	Proporciona una idea somera de la intensidad de mezcla, así como una primera aproximación de la heterogeneidad de los bosques	Expresa la relación entre el número de especies y el número de individuos totales (S: N o S/N)
<b>2.2</b>	<i>Patrones espaciales de distribución de especies</i>	
Densidad de organismos	Permite determinar la cantidad de individuos por una unidad espacial. La densidad determina aspectos fundamentales como la competencia de recursos.	$d = n / A$ <p>Donde: n = Número de especies en el área de estudio. A = Tamaño del área de estudio</p>
Grado de agregación	Variable que indica cuánto tienden al agrupamiento los individuos que componen una determinada cobertura. Su valor siempre se mueve en tres rangos.	$GA = \frac{D}{d}$ <p>Donde:</p> $D = \frac{Abundancia\ abs}{No.\ de\ parcelas}$ $d = \ln\left(1 - \frac{Frec.\ abs}{100}\right)$ <p><b>GA ≥ 2:</b> especie con distribución agrupada. <b>1 &gt; GA &lt; 2:</b> Tendencia al agrupamiento. <b>GA ≤ 1:</b> Especie dispersa.</p>
Estructura espacial	Muestra la posición de los individuos en la parcela.	Se realiza con base en el registro de las coordenadas de referencia sobre los ejes X y Y.
<b>• Estructura total o distribuciones diamétricas</b>		
Clases diamétricas	Esta clasificación se calcula teniendo en cuenta la diferencia entre la menor altura y la mayor altura, la raíz cubica de este valor nos muestra el número de clases a	La información se registra a partir de la evaluación del diámetro normal mayor e igual a 10 cm.

Parámetro	Definición	Fórmula y/o Rangos de Análisis
	calcular. La cantidad de clases están definidas por la regla de Sturges. Dicha clasificación nos permite observar la distribución de los estratos en las coberturas vegetales.	
<b>• Evaluación de la diversidad biológica</b>		
<b>4.1</b>	<i>Alfaversidad</i>	
<b>4.1.1</b> Curva especies-área	Para evaluar si se obtuvo la mayoría de las especies de las parcelas objeto de estudio, la forma más eficiente es determinarlo por medio de las curvas de acumulación de especies. Una curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma como las especies van apareciendo en las unidades de muestreo, o de acuerdo con el incremento en el número de individuos.	Se construye a partir de la relación entre el número de especies observadas en forma acumulada sobre una serie de unidades de muestreo o subparcelas. para lo cual se realiza con el programa Estimates (Version 9.1.0). En una gráfica de curvas de acumulación, el eje Y es definido por el número de especies acumuladas y el eje X por el número de unidades de muestreo.
<b>4.1.2</b> Índices de Densidad de especies	Muestra los valores de los índices de riqueza de especies de Margalef y Menhinick	<p>-Índice de Margalef (Dmg):</p> $Dmg = \frac{S-1}{\ln(N)}$ <p>-Índice de Menhinick (Dmn):</p> $Dmn = \frac{S}{\sqrt{N}}$ <p>Donde: S = número de especies N = número de individuos</p>
<b>4.1.3</b> Índices de abundancia relativa de especies	Estos índices buscan conjugar la riqueza y la abundancia relativa.  <b>índice de Shannon-Wiener (H')</b> : Mide la heterogeneidad de la comunidad, el valor máximo será indicador de una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes. Cuando el índice se calcula para varias muestras, los	$H' = -\sum p_i \ln(p_i)$ $E = H' / \ln(S)$ <p>Donde: H' = Diversidad de Shannon <math>p_i = (n_i / N) =</math> abundancia proporcional (relativa) E = Uniformidad de Shannon</p>

Parámetro	Definición	Fórmula y/o Rangos de Análisis
	<p>índices se distribuyen de manera normal, lo que hace posible comparar el conjunto mediante el análisis de varianza y se recomienda para comparar hábitats diferentes. La homogeneidad exhibida por la comunidad equivale a la proporción entre la diversidad y la diversidad máxima, la cual es conocida como E.</p> <p><b>El índice de Simpson (D):</b> es una medida de la dominancia que se enfatiza en las especies más comunes y reflejan más la riqueza de especies. El índice de Simpson se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie.</p>	<p>S = Número total de especies en el muestreo</p> $D = \sum p_i^2 \quad \text{o} \quad D = \frac{\sum [n_i(n_i - 1) / N(N-1)]}{N(N-1)}$ <p>Donde:</p> <p><math>p_i</math> = Abundancia proporcional  <math>n_i</math> = Número de individuos de iésima especie  N = Número de individuos totales</p>
4.2	<i>Betadiversidad</i>	
4.2.1 Medidas de similaridad	<p>Dentro de estas se encuentran los índices de similaridad de Jaccard y Sorensen, los cuales comparan las especies compartidas por dos (2) comunidades sin tener en cuenta las abundancias</p>	<p>Índice de Jaccard (<math>C_j</math>)</p> $C_j = \frac{j}{a + b - j}$ <p>a= número de especies en el ecosistema A  b= número de especies en el ecosistema B  j= número de especies compartidas por las comunidades</p> <p>Coeficiente de Sorensen (<math>C_s</math>)</p> $C_s = \frac{2j}{a+b}$

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

## 19. Estado sucesional

Una vez realizado el análisis florístico estructural para cada uno de los ecosistemas asociados a la vegetación arbórea dentro del área de influencia biótica del EIA, se procedió a establecer el estado seral de los diferentes ecosistemas muestreados teniendo en cuenta aspectos como gremios ecológicos y las etapas serales. Los gremios ecológicos para especies de bosques tropicales son:

**Heliófitas efímeras:** en este gremio se categorizan las especies con intolerancia a la sombra, de reproducción masiva y precoz. Al estar expuestas a la luz, el crecimiento de ellas es rápido, aunque tienen una vida corta, pero son ideales para la colonización de espacios abiertos. La viabilidad de sus semillas es prolongada y a menudo se encuentran en los bancos de semillas tanto de bosques primarios como áreas cultivadas. Su presencia generalmente es escasa en bosques primarios intervenidos o no intervenidos y la distribución diamétrica del número de árboles por hectárea tiene forma de campana, concentrándose la mayoría de los individuos entre una y tres clases diamétricas.

**Heliófitas durables:** las especies agrupadas en este gremio no toleran la sombra y son de vida relativamente larga, aunque sus semillas cuentan con una viabilidad más corta que las heliófitas efímeras. Estas especies tienen la capacidad de colonizar espacios abiertos y regenerarse en claros más pequeños en el bosque, pero sus exigencias de luz siguen siendo altas para sobrevivir y establecerse. Teniendo en cuenta que la regeneración de estas especies depende de la aparición de disturbios fuertes que no ocurren constantemente, la distribución diamétrica es errática o en cohortes. En este gremio es posible encontrar la mayoría de las especies comerciales y de alto valor.

**Esciófitas:** estas especies son tolerantes a la sombra y la mayoría de ellas tienen un crecimiento más lento que las heliófitas, ya que requieren de mayor esfuerzo para la producción de estructuras permanentes que puedan favorecer una vida larga de sus individuos. Las semillas y plántulas de las especies pertenecientes a este gremio son de tamaño mediano a grande.

Por su parte, la determinación de las etapas serales de cada comunidad vegetal se determinó con base en las características definidas por Budowski (1965), quien señala que la sucesión secundaria es susceptible de dividirse tentativamente en 4 etapas, de acuerdo con las características estructurales, fisionómicas y bióticas de las comunidades. Las categorías son pionera, secundaria joven, secundaria avanzada y clímax.

## 20. Índice de regeneración natural

Según Cantillo (2001) y Acosta et al (2006) la regeneración se evalúa con el índice de regeneración natural relativa, que determina la importancia de una especie según su presencia en las diferentes categorías de tamaño del sotobosque.

Si una especie está presente en todas las categorías, tendrá asegurado su lugar en la estructura y composición florística. Se obtienen valores numéricos por especie en cada categoría para ver la regularidad de la abundancia de individuos entre las diferentes categorías. La propuesta metodológica es definir los intervalos de las 3 categorías de tamaño y así, determinar la abundancia de cada especie en cada una de ellas.

Posteriormente se define la abundancia relativa por categoría y se divide este valor en 10, encontrando un valor entero entre 1 y 10 que definirá la importancia de cada categoría. La sumatoria de estos valores ( $X=CT1$ ,  $Y=CT2$ ,  $Z=CT3$ ) debe ser igual a 10 ( $X+Y+Z=10$ ). Con ello se determina la posición sociológica absoluta de manera que los valores de abundancia para cada especie son relacionados a cada categoría con su valor de importancia respectivo:

Posición absoluta de la especie  $i = (E_s \times X) + (E_{in} \times Y) + (E_{ar} \times Z)$ , donde

$E_s$  = Número de individuos de la especie  $i$  en la CT1

$E_{in}$  = Número de individuos de la especie  $i$  en la CT2

$E_{ar}$  = Número de individuos de la especie  $i$  en la CT3

De acuerdo con la fórmula citada, el valor de posición sociológica absoluta para la especie *i* es relacionado (dividido) a la sumatoria de los valores absolutos para todas las especies, lo cual dará la posición sociológica relativa para la especie *i*.

## 21. Índice de valor de importancia ampliado

Finol (1971), consideró importante incorporar datos de regeneración y posición sociológica (estratos) al IVI tradicional. Creó el Índice de Valor de Importancia Ampliado (IVIA), que es un parámetro más robusto y completo.

Lozada (1971), consideró necesario simplificar el método para adecuarlo a formas de vida herbácea y trepadora. Además, cambió el nombre para diferenciarlo claramente del índice original propuesto por Finol (1971). El índice de valor de importancia ampliado se calcula de la siguiente manera:

$$IVIA = IVI + PSr + Irn$$

Dónde:

IVIA: Índice de valor de importancia ampliado.

IVI: índice de valor de importancia.

PSr: Posición sociológica.

Irn: Regeneración natural.

## 22. Cálculo del volumen de madera en el inventario forestal al 100% y caracterización florística

El volumen total para los individuos se calcula a partir del área basal, la altura y un factor mórfico de 0.7. En la ecuación utilizada se asimila el árbol a un cono medido a una cierta altura (aproximadamente 1.30cm para la toma del DAP).

$$V = 0,7854 \times (D)^2 \times HT \times FM$$

Dónde:

0,7854: Constante

D: Diámetro en metros.

HT: Altura total en metros

FM: Factor Mórfico (0.7)

En cuanto al volumen comercial la ecuación utilizada es igual a la anterior solo que se remplace la altura total por la altura comercial:

$$V = 0,7854 \times (D)^2 \times HC \times FM$$

Dónde:

0,7854: Constante

D: Diámetro en metros del árbol medido a 1.30 m de altura.

HC: Altura comercial en metros

FM: Factor Mórfico (0.7)

2.5.4.1.1.3.4 Identificación de especies endémicas, en veda, en categorías de amenaza o de importancia ecológica y cultural

Para la identificación de especies amenazadas se realizó una verificación de la composición florística de las coberturas de la tierra del área de influencia biótica, con los listados contenidos en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre y Flora Silvestres (CITES septiembre de 2012), la resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la colección de Libros rojos de plantas fanerógamas de Colombia del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Adicionalmente, se revisó el Acuerdo 10 de marzo 11 de 1983 establecido por la Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA, Especies Vedadas.

Las categorías se presentan por convención internacional a manera de código, en donde las dos primeras letras (abreviado del inglés) indican la categoría, como se muestra en la Tabla 2.5-51, de acuerdo con la clasificación de la IUCN.

**Tabla 2.5-51 Categorías de clasificación utilizadas por la IUCN en sus listas rojas**

Categoría	Descripción
Extinto (EX)	Un taxón está <i>Extinto</i> cuando no queda duda de que el último individuo ha muerto. Esto es comprobable cuando por prospecciones exhaustivas de hábitats conocidos y/o esperados en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales) y a lo largo del área de distribución histórica, no ha sido posible detectar un solo individuo.
Extinto en estado silvestre (EW)	Un taxón está <i>Extinto en estado silvestre</i> cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Luego de realizar exploraciones de hábitats conocidos y/o esperados en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo del área de distribución histórica, no ha sido posible detectar un solo individuo.
En Peligro Crítico (CR)	Un taxón se encuentra <i>En peligro crítico</i> cuando sus poblaciones han presentado una caída significativa alcanzando casi el 90% de pérdida de especies en los últimos 10 años. Se considera que se está enfrentando a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.
En peligro (EN)	Si un taxón está <i>En peligro</i> significa que la mejor evidencia disponible demuestra que está siendo afectado el tamaño de su población estimada, inferida o sospechada en más del 70% en los últimos 10 años. Adicionalmente, si el análisis cuantitativo muestra que la probabilidad de extinción en estado de vida silvestre es de al menos un 20% dentro de 20 años, se considera que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
Vulnerable (VU)	Un taxón se encuentra en categoría <i>Vulnerable</i> cuando la mejor evidencia disponible indica que la población ha experimentado una reducción mayor o igual al 50% en los últimos 10 años y que luego de realizar el análisis cuantitativo la probabilidad de extinción es de al menos 10% durante los próximos 100 años. Si se cumple lo anterior se considera que se está enfrentando a un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
Casi amenazado (NT)	Un taxón está en la categoría de <i>Casi amenazado</i> , cuando ha sido evaluado según los criterios de la IUCN y no satisface actualmente aquellos para ser catalogado como <i>En peligro crítico</i> , <i>En peligro</i> o <i>Vulnerable</i> , pero está cercano a satisfacerlos en un futuro cercano.

Categoría	Descripción
Preocupación menor (LC)	Se considera que un taxón está en la categoría de <i>Preocupación menor</i> cuando habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías <i>En peligro crítico (CR)</i> , <i>Vulnerable (VU)</i> , <i>En peligro (EN)*</i> o <i>Casi amenazado (NT)</i> . Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.
Datos insuficientes (DD)	Un taxón pertenece a la categoría <i>Datos insuficientes</i> cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación directa o indirecta de su riesgo de extinción, con base en la distribución y/o el estado de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado y su biología ser bien conocida, pero carecer de datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos insuficientes no es por tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren que una clasificación de amenaza pudiera ser apropiada.
No evaluado (NE)	Un taxón se considera <i>No evaluado</i> cuando todavía no ha sido clasificado en relación con estos criterios.

Fuente: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

<http://www.iucn.org>

Por otro lado, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre y Flora Silvestres (CITES) tiene tres categorías denominadas Apéndices I, II y III que ofrecen diferentes niveles y tipos de restricción para comercialización. El Apéndice I incluye aquellas especies con mayor amenaza o que estén en peligro de extinción, el Apéndice II agrupa las especies que, pese a no estar en peligro de extinción, podrían llegar a estarlo de no establecerse una regulación sobre su comercio y el Apéndice III agrupa las especies incluidas por solicitud de alguno de los países miembros de la convención con el objetivo primordial de evitar la explotación intensiva.

#### 2.5.4.1.2 Flora Vasculare y No vasculare de diferentes hábitos de crecimiento

Los bosques tropicales son los ecosistemas más diversos del planeta y aunque se han propuesto muchas teorías para evaluar y caracterizar su riqueza, aún no conocemos gran parte de la importancia y sus funciones en los ecosistemas. Colombia dada su ubicación geográfica y condiciones ambientales, hacen de él un país ampliamente diverso con

variaciones ecosistémicas a escalas relativamente pequeñas. Factores como humedad, precipitación, temperatura, características de los suelos, orografía, radiación solar, entre otros han influido en diversos procesos de especiación cuyo resultado se ve expresado en una gran riqueza de especies.

Por lo anterior los bosques lluviosos tropicales presentan una complejidad inigualable, arboles emergentes que irrumpen sobre el dosel como torres sobre el resto del bosque, en estratos inferiores se encuentran arbustos y otras plantas herbáceas que comparten el suelo densamente sombreado del bosque con numerosas plántulas, arbolitos, helechos y palmas. Otro grupo de plantas que son altamente representativas y evidentes, corresponden a las epífitas y trepadoras, en los bosques lluviosos tropicales es común observar árboles densamente cargados con estas plantas, las cuales suelen haber más abundancia en aquellos ecosistemas donde hay más humedad y su cantidad declina en los bosques con marcada estación seca.

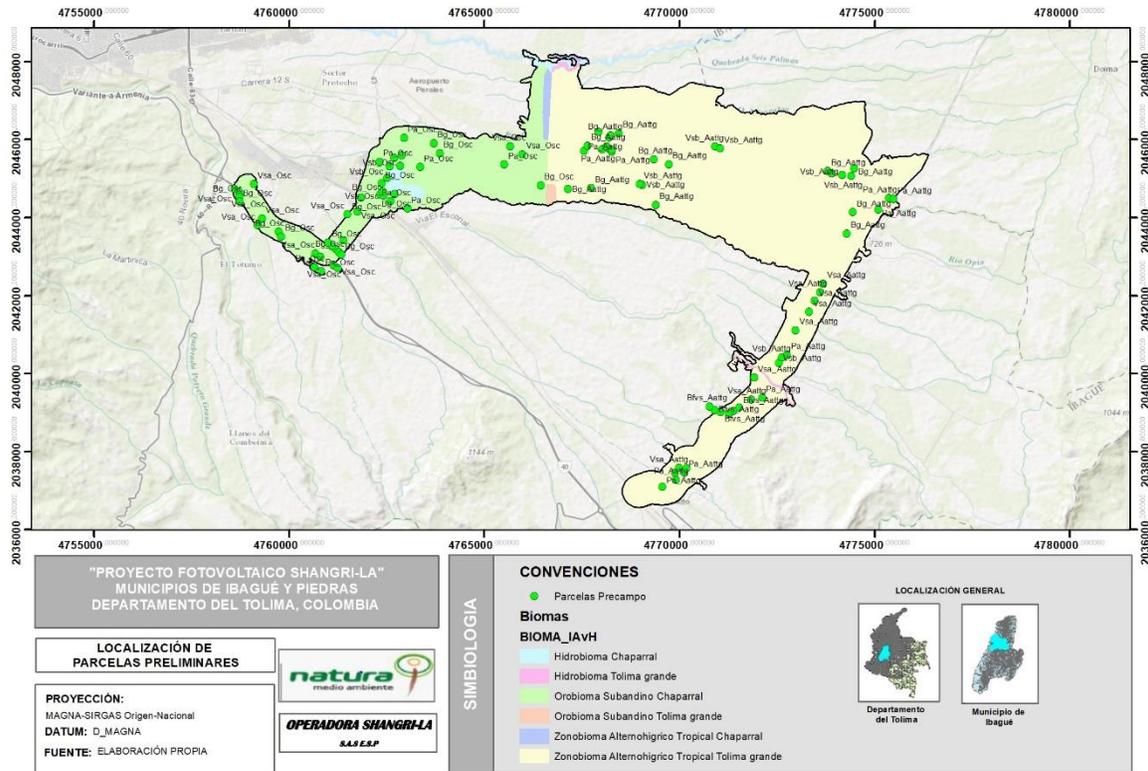
El grupo de plantas epífitas se pueden dividir entre vasculares que corresponden a cactus, helechos, orquídeas, bromelias, entre otras; y no vasculares entre las que se encuentran líquenes y briófitos (musgos, hepáticas y selaginelas). Sin embargo, es preciso resaltar que en los bosques lluviosos tropicales este grupo de plantas suelen colonizar otros sustratos como son roca, suelo y troncos de árboles muertos. Debido a presiones antrópicas como la tala indiscriminada, fragmentación y comercialización de especies flora, en Colombia la mayoría de estas especies se encuentran vedadas a nivel nacional. Desde el año 1974 el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, conocido como INDERENA, expidió una serie de normas que vedan ciertas especies de flora silvestre en el territorio nacional y a la fecha aún se encuentran vigentes; es por ello que todo proyecto obra actividad que requiera remoción de la cobertura vegetal y aprovechamiento forestal en el marco de una licencia ambiental y/o permisos ambientales, deben solicitar el respectivo permiso de levantamiento de veda ante las autoridades ambientales según corresponda.

Para el presente Estudio de Impacto Ambiental, se emplearon diferentes metodologías para la caracterización de la flora vascular y no vascular de diferentes hábitos de crecimiento de conformidad con lo establecido en: la Resolución 02308 del 22 de noviembre de 2019 (muestreos 2021), las Resoluciones 02347 del 22 de diciembre de 2022 y 00291 del 01 de febrero de 2022 (muestreos 2022) mediante las cuales se otorgó el Permiso de Estudio de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales a la empresa a SAYAB MEDIO AMBIENTE S.A.S.; los planteamientos metodológicos definidos en los términos de referencia para la elaboración de estudios de impacto ambiental para los proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR-015 del 2017; la Metodología General para la Elaboración y Presentación de estudios Ambientales del 2018 expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Circular 8201-2-808 del 09 de diciembre de 2019 por medio del cual la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos establece los lineamientos Técnicos para la conservación de especies de flora en veda.

#### 2.5.4.1.2.1.1 Precampo

Partiendo del Mapa de ecosistemas continentales, marinos y costeros de Colombia (Ideam *et al*; 2017) ajustado con las coberturas vegetales identificadas de manera previa a la fase de campo, se proyectaron los sitios y las unidades muestrales más adecuadas para realizar el inventario de la flora vascular y no vascular de diferentes hábitos de crecimiento. Para el área de influencia biótica preliminar se identifican seis (6) biomas de los cuales cuatro (4) fueron objeto de caracterización para este grupo botánico los cuales corresponden a: Orobioma Subandino Chaparral, Orobioma Subandino Tolima grande, Zonobioma Alternohigrico Tropical Chaparral y Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande (Figura 2.5-58).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 2.5-58. Parcelas preliminares para la caracterización de la flora vascular y no vascular de diferentes hábitos de crecimiento.**

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

En total se plantean de manera preliminar 99 puntos correspondientes a parcelas propuestas las cuales fueron distribuidas en las unidades ecosistémicas, las cuales fueron los puntos de referencia para los profesionales durante la fase de campo. Para la selección de los puntos se consideró la representatividad de la unidad ecosistémica en términos de área y accesibilidad. Es de resaltar que la intensidad de muestreo estuvo dada en el cumplimiento del 85% de las especies esperadas según las curvas de acumulación de especies para cada cobertura.

Adicionalmente, se realizó una revisión de bibliografía con el fin de hacer un listado de las especies potenciales y su grado de vulnerabilidad, que pudieran estar en las zonas de muestreo; para ello se consultó colecciones de referencia virtuales (Herbario Nacional

Colombiano (COL), Catalogo de Plantas y Líquenes de Colombia, Herbario Amazónico Colombiano (COAH), Neotropical HerbariumSpecimens - The Field Museum, New York Botanical Garden, entre otros), bases de datos nacionales como SIB (Sistema de Información de Biodiversidad) e internacionales (CITES, UICN, SIB, etc.) y literatura especializada.

#### 2.5.4.1.2.1.2 Campo

##### 2.5.4.1.2.1.2.1 Unidad de muestro

El muestreo de la flora vascular y no vascular de hábito epífito, rupícola, cortícola y terrestre se realizó a partir de parcelas de 100x10m, en las cuales se definieron los forófitos a caracterizar para las especies de hábito epífito según la metodología descrita en el protocolo RRED (Grasstein *et.al*, 2003) así como los lineamientos establecidos en la Circular 8201-2-808 del 9 de diciembre de 2019 (Tabla 2.5-52). De acuerdo a lo anterior, se tuvo en cuenta una relación de ocho (8) forófitos por parcela en cada cobertura vegetal presente en el área de influencia del proyecto para las plantas vasculares y no vasculares de hábito epífito; respecto a las especies de hábito cortícola, rupícola y terrestre se realizaron seis (6) subparcelas de 1x1 m en los sustratos donde reportaran presencia, en la Tabla 2.5-52 se presenta un resumen de la descripción del método por cada tipo de hábito de crecimiento

**Tabla 2.5-52. Métodos de muestreo por sustrato y tipo de organismo en veda en cada parcela**

Tipo	Unidad de muestreo	Método
<b>Epifitas</b>	Parcela de 0,1 por cobertura vegetal	Vasculares 8 forófitos x cada parcela por cobertura vegetal  Se selecciono los forófitos a muestrear teniendo en cuenta los criterios de altura, DAP, corteza, porcentaje de epifitas, distancia mínima entre árboles y copas de los hospederos. A cada fustal evaluado se marcó con pintura en aceite y fueron censados todos los presentes en los estratos 1, 2, 3, 4 y 5 (Distribución vertical, según Johansson 1974). A cada morfotipo de especies vascular se tomaron datos de ubicación vertical en el forófito y número de individuos.

Ibagué y Piedras (Tolima)

Tipo	Unidad de muestreo	Método	
		<p>No vasculares Briofito: 5 forófitos por cada parcela por cobertura vegetal</p> <p>Líquenes: 8 forófitos por cada parcela por cobertura vegetal</p>	<p>Mediante el uso de una cuadrícula en acetato de 20 x 20 cm (400 cm<sup>2</sup>) * se registraron las abundancias de las especies (morfos) por cada una de las zonas de estratificación vertical propuestas por Johansson (1974)<sup>8</sup> consideradas en las zonas 1 y 2, teniendo en cuenta que son las zonas de más fácil visualización por inspección directa, mediante la realización de dos replicas por cada zona.</p> <p>Cada morfotipo fue fotografiado y asignado un código de identificación único para su posterior determinación taxonómica. Las muestras fueron retiradas con una navaja, de acuerdo con la consistencia del árbol y tomando siempre una muestra representativa que permitiera la determinación taxonómica más precisa posible (dado que se requiere de la observación de características morfológicas con instrumentos ópticos especializados y la aplicación de pruebas químicas).</p>
<p><b>Otros sustratos (rupícola y terrestre)</b></p>		<p>Vasculares Mínimo 6 subparcela de 1 x 1 m en cada parcela por cobertura vegetal</p>	<p>Dentro de cada una las parcelas se realizó el conteo al 100% de individuos vasculares.</p>
	<p>No vasculares Mínimo 6 subparcelas de 1 x 1 m en cada parcela por cobertura vegetal</p>	<p>Dentro de cada una de las parcelas de 1m x 1m, se realizó el registro de las abundancias de las especies halladas mediante el uso de la cuadrícula en acetato de 20 x 20 cm.</p>	

Fuente: Adaptado de Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible y Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. 2019.

<sup>8</sup> JOHANSSON, D.R. 1974. Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. Acta Phytogeography Sueca, 59: 1-136

Para las coberturas dentro de los territorios agrícolas correspondientes a pastos, la intensidad del muestreo se realizó con base a la modificación del protocolo para el Análisis Rápido y Representativo de la Diversidad de Epífitas (RRED-Analysis), según las características de las unidades de cobertura de la tierra descritas en la Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Esta adaptación se plantea conforme al porcentaje potencial de área que tiene presencia de vegetación arbórea en cada cobertura de la tierra a caracterizar, donde este porcentaje corresponderá al área en la que potencialmente se hallarán forófitos a evaluar.

Esta modificación se fundamenta en los resultados obtenidos por Gradstein *et al.* 2003, en la que relacionan muestreos realizados en bosques tropicales (Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guayana Francesa, Guayana y Panamá) y en el que evidencian que para llegar a tener una buena representatividad no se requiere hacer inventario al 100%, sino que, por el contrario, con muestreos cortos y pequeños se logra el objetivo de representar bien las especies presentes; por ejemplo, en un bosque de 4.000 Km<sup>2</sup> de México, se realizó un muestreo de 0.5 ha, en el cual se registró cerca de la mitad de las especies del bosque, es decir, una muestra correspondiente al 0.00012% de área total, lo cual es similar a lo reportado en el Valle de Schuencas en Bolivia, en donde se registró cerca de la mitad de la riqueza de especies en menos de 0,1 ha de bosque.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, para las coberturas que presentan menor densidad de potenciales forófitos como es el caso de las coberturas asociadas a territorios agrícolas y artificializados, se determinó recalcular el número de forófitos a evaluar por parcela en cada cobertura (Forófitos) de acuerdo con el porcentaje de vegetación arbórea descrita para cada cobertura en la leyenda de Corine Land Cover, obteniendo igualmente una representatividad de muestreo. En la Tabla 2.5-53 se describe el ajuste metodológico para las coberturas vegetales agrícolas y artificializadas propuesta por la Circular 8201-2-808 del 9 de diciembre de 2019 expedida por la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y a su vez se concluye, que para la caracterización de flora epífita en las coberturas naturales con poca presencia de plantas leñosas se requieren de

aproximadamente 2,4 forófitos para flora vascular y 1,5 forófitos para flora no vascular. En cuanto a coberturas antropizadas como mosaico de cultivos, pastos limpios y pastos enmalezados se requieren de aproximadamente 2,4 forófitos para flora vascular y 1,5 forófitos para flora no vascular. Los pastos arbolados dada sus características de composición y estructura florística se requieren de aproximadamente 3,2 forófitos para flora vascular y 2 forófitos para flora no vascular.

**Tabla 2.5-53. Ajuste metodológico para el cálculo de forófitos a evaluar según cada tipo de cobertura vegetal.**

Tipo de cobertura	Cobertura	% Vegetación Arbórea	No. Forófitos Representativos según Gradstein et al., 2003		No de Forófitos Representativos	
			Mod Method Gradstein et al., 2003		Vascular	No Vascular
			Vascular	No Vascular		
Naturales y áreas seminaturales	Bosque de galería y ripario	100%	8	5		
	Vegetación secundaria alta	100%	8	5		
	Herbazal denso inundable no arbolado	30%	No Define	No Define	8*0,30=2,4	5*0,3=1,5
Territorios agrícolas	Mosaico de cultivos	30%	No Define	No Define	8*0,30=2,4	5*0,3=1,5
	Pastos limpios	30%	No Define	No Define	8*0,30=2,4	5*0,30=1,5
	Pastos arbolados	40%	No Define	No Define	8*0,40=3,2	5*0,4=2
	Pastos enmalezados	25%	No Define	No Define	8*0,25=2,4	5*0,25=1,25
	Palas de aceite	100%	8	5		
	Plantaciones forestales	100%	8	5		

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

#### 2.5.4.1.2.1.2.2 Parcelas realizadas

En total para la caracterización de la flora vascular y no vascular de diferentes hábitos de crecimiento, se realizaron 84 parcelas (Tabla 2.5-54, Figura 2.5-59), distribuidas en 16 unidades ecosistémicas quedando 38 en el Orobioma Subandino Chaparral y 46 en el Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande. Es importante resaltar que el Orobioma Subandino Tolima grande y el Zonobioma Alternohigrico Tropical Chaparral fueron excluidos de la caracterización dado que su representatividad en el área de influencia fisicobiótica eran muy relictuales y el cambio de escala se identificó que estas no estaban presentes al interior del área de influencia.

**Tabla 2.5-54. Coordenadas de las parcelas muestreadas para la caracterización de la flora vascular y no vascular.**

Bioma	Cobertura	Código Parcela	Datum Magna Sirgas Origen Único Nacional	
			X	Y
Orobioma Subandino Chaparral	Arroz	Az-B05	4758833,416	2044596,337
	Bosque de galería y ripario	Bg_A01	4758730,601	2044514,523
		Bg_A02	4759776,184	2043620,833
		Bg_A03	4761330,508	2043098,464
		Bg_A04	4761095,989	2043266,698
		Bg_A05	4761870,319	2044499,947
		Bg_A06	4763947,274	2045629,579
		Bg_A07	4764477,254	2045374,300
	Pastos arbolados	Pa_A01	4758609,888	2044757,884
		Pa_A02	4759184,145	2043818,775
		Pa_A04	4760847,261	2042593,951
		Pa_A05	4760676,856	2042699,451
		Pa_A06	4763097,207	2044238,325
		Pa_A07	4763173,136	2044364,368
		Pa_A08	4763388,872	2045372,653
		Pa_A09	4765426,163	2045320,077
		PI-A06	4762369,631	2045415,745
	Pastos limpios	Pe-C02	4762347,491	2044732,100
		PI-A02	4762762,122	2044426,412
		PI-A03	4762608,762	2044578,999
		PI-A04	4759206,244	2044858,374
	Plantación forestal	Pf-A01	4763714,140	2045905,916
	Red vial y territorios asociados	Pa_A03	4759295,161	2044038,008
	Vegetación Secundaria Alta	Vsa_A01	4759132,025	2044847,543
		Vsa_A02	4760627,730	2043115,828
		Vsa_A04	4761425,372	2043392,704
		Vsa_A05	4762421,295	2044743,775
Vsa_A06		4762579,505	2045104,984	
Vsa_A07		4766074,655	2045563,069	
Vsa-C01		4758713,956	2044677,812	
Vegetación Secundaria Baja	Vsb_A01	4762677,937	2044645,306	
	Vsb_A02	4762571,123	2045316,695	
	Vsb_A03	4762851,849	2045331,656	

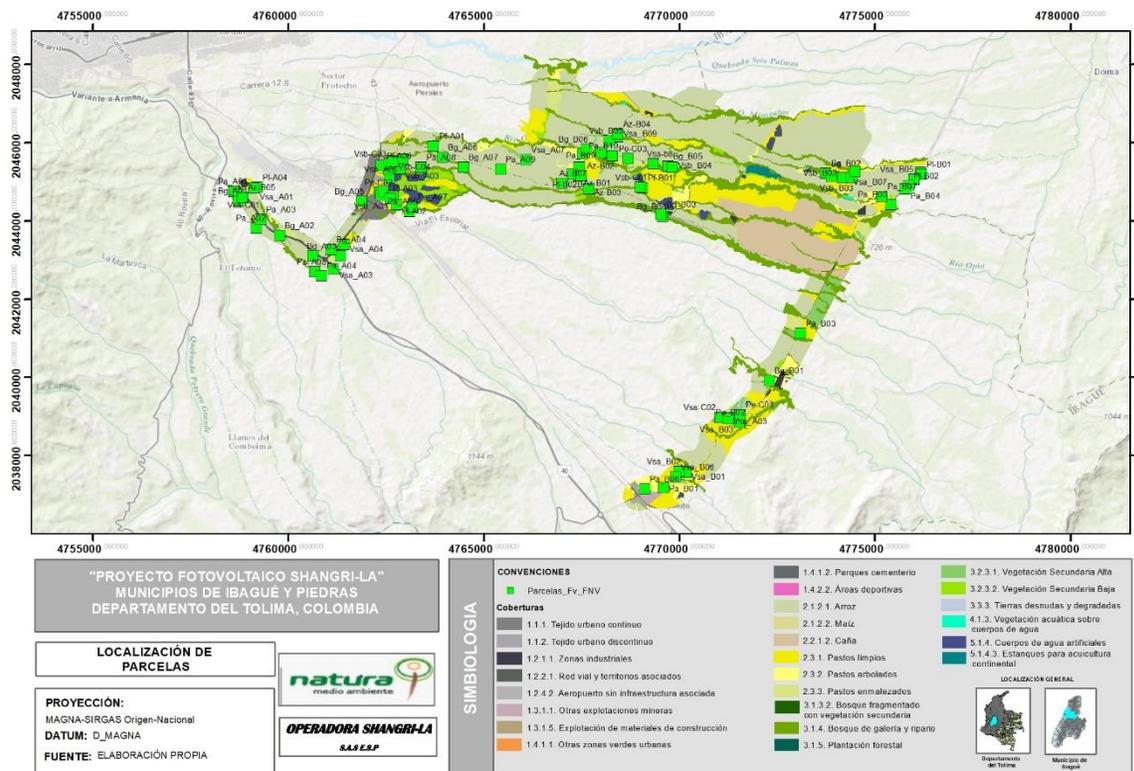
Ibagué y Piedras (Tolima)

Bioma	Cobertura	Código Parcela	Datum Magna Sirgas Origen Único Nacional	
			X	Y
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande		Vsb_A04	4762714,259	2045530,491
		Vsb_A05	4762920,891	2045583,071
		Vsb-C02	4762367,959	2044650,256
		Vsb-C03	4762580,574	2045461,802
		Vsb-C04	4762666,642	2045508,856
	Arroz	Az-B01	4767404,577	2045156,244
		Az-B02	4767489,947	2045158,336
		Az-B03	4767671,139	2044815,633
		Az-B04	4768417,829	2046220,055
		Az-B07	4766991,521	2044957,310
	Bosque de galería y ripario	Bg_B01	4772295,639	2039918,159
		Bg_B02	4773741,702	2045212,795
		Bg_B03	4769528,739	2044166,997
		Bg_B04	4769569,104	2044119,680
		Bg_B05	4769701,886	2045402,847
		Bg_B06	4767621,315	2045838,190
	Pastos arbolados	Pa_B01	4769594,221	2037176,703
		Pa_B02	4771522,611	2038855,022
		Pa_B03	4773098,400	2041121,839
		Pa_B04	4775769,505	2044818,747
Pa_B05		4775409,304	2044421,403	
Pa_B06		4769110,377	2037139,188	
Pa_B07		4775176,731	2044625,858	
Pa_B08		4767528,912	2045716,819	
Pa_B09		4768004,152	2045739,457	
Pa_B10		4768284,985	2045668,757	
Pastos enmalezados	Pe-C01	4771553,380	2039047,462	
	Pe-C03	4768677,562	2045595,269	
Pastos limpios	PI-B01	4776170,818	2045195,581	
	PI-B01B	4767437,689	2045375,769	
	PI-B02	4775854,386	2044897,526	
	PI-B02B	4767271,051	2045204,804	
Plantación forestal	Pf-B01	4769047,881	2044840,229	
Vegetación Secundaria Alta	Vsa_A03	4761154,166	2042769,518	
	Vsa_B01	4770173,646	2037562,990	
	Vsa_B02	4769982,492	2037596,092	
	Vsa_B03	4771244,760	2038939,597	
	Vsa_B04	4776162,301	2045242,401	
	Vsa_B05	4775992,465	2045068,266	

Ibagué y Piedras (Tolima)

Bioma	Cobertura	Código Parcela	Datum Magna Sirgas Origen Único Nacional	
			X	Y
Vegetación Secundaria Baja		Vsa_B06	4769893,323	2037448,648
		Vsa_B07	4774481,330	2045267,925
		Vsa_B09	4768421,051	2046151,473
		Vsa-b8	4769336,118	2045458,803
		Vsa-C01B	4771275,159	2038968,528
		Vsa-C02	4771036,652	2038984,371
		Vsb_B01	4773877,714	2045142,802
		Vsb_B02	4774177,098	2045102,635
		Vsb_B03	4774410,054	2045110,059
		Vsb_B04	4769819,825	2045371,235
		Vsb_B05	4768205,087	2046058,130
		Vsb-C01	4769002,262	2044861,375

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



**Figura 2.5-59. Localización general de parcelas realizadas para la caracterización de la flora vascular y no vascular de diferentes hábitos de crecimiento en el área de influencia definitiva del proyecto.**

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

#### 2.5.4.1.2.1.2.3 Representatividad del nuestros

El objeto del presente estudio de impacto ambiental es solicitar a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA la aprobación de las medidas de manejo para la conservación de las especies en veda registradas en el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, conforme a lo establecido en el Artículo 125 del Decreto-Ley 2106 de 2019 mediante el cual se elimina el trámite de levantamiento de veda y se dispone otras medidas. Para el presente estudio se evaluó la representatividad del muestreo mediante la realización de acumulación de especies por cada tipo de organismo (Vascular y No Vascular) y cobertura vegetal susceptible de intervención conforme a lo propuesto por Villareal at al 2008. La curva de acumulación de especies, representa gráficamente la forma de cómo las especies van apareciendo en las unidades de muestreo (Forófitos) o de acuerdo con el incremento en el número de individuos hasta las especies observadas presenten un comportamiento asíntota para cada uno de los estimadores de riqueza empleados. Para tal fin se empleó el software Estimates Biodiversity Estimatiois de Robert Colwell versión 9.1.0, software libre disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>.

Para este proyecto se utilizaron estimadores de diversidad no paramétricos (CHAO 2, ICE, Unique y Duplicate) para especies no vasculares y estimadores paramétricos (CHAO 1, Cole, Singletons y Doubletons) para especies vasculares, de conformidad a lo propuesto en la Circular de número 8201-2-808 del 09 de diciembre de 2019. La eficiencia o porcentaje de representatividad será calculado en función a las especies registradas vs las especies esperadas para cada tipo de cobertura vegetal y unidad ecosistémica, en donde registrar más del 85% de las especies esperadas en cualquiera de los estimados empleados se considera un muestreo representativo para conocer la composición de especies del proyecto. En el Anexo D.2. Biótico – D.2.2 Flora Vascular y

No Vascular se presentan los datos de ingreso y salida del software y la representación gráfica de las curvas.

Es preciso resaltar que diversos estudios de ecología han empleado las curvas de acumulación de especies con el fin de determinar cuán eficaz es un muestreo realizado. En este contexto, se utiliza la información de los estimadores para conocer qué porcentaje de las especies esperadas hemos colectado o registrado en el muestreo y así definir si la información generada puede ser utilizada para realizar un análisis de similitud y complejidad. Si las curvas indican que se obtuvo más del 85% de las especies esperadas en un sitio de muestro es considerado representativo. En lo posible se deben utilizar y comparar los valores generados por más de 3 estimadores.

#### *2.5.4.1.2.1.3 Métodos para plantas vasculares*

##### *2.5.4.1.2.1.3.1 Plantas vasculares de hábito epífito*

Cada muestreo fue llevado a cabo sobre un forófito en pie, el cual fue posible observar desde la base del tronco hasta las ramas más externas del forófito (ver Fotografía 2.5-20 y Fotografía 2.5-21). La distancia de observación es un método descrito por Went (1940)<sup>9</sup>, que permite el registro de la flora epífita desde la base. Con la ayuda de unos binoculares o un teleobjetivo en trípode, con un zoom mayor a 40x el cual permite registrar la mayoría de epífitas sin necesidad de realizar un ascenso a dosel, una ventaja que permite conocer y registrar la disposición a lo largo del forófito<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Went, F. W. (1940). Soziologie der Epiphyten eines tropischen Urwaldes. *Ann. Jard. Bot. Buitenz* (50), 1-98.

<sup>10</sup> Johansson, D. Op. cit., p. 70-71.

Fotografía 2.5-20. Toma de datos al forófito



Fotografía 2.5-21. Registro de características  
morfológicas de especies vasculares



E: 4763173,136 - N: 2044364,368

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

#### 2.5.4.1.2.1.3.2 Estructura vertical de la flora epífita vascular

Las especies epífitas se distribuyen de manera vertical sobre el forófito o árbol hospedero de acuerdo a las diferentes exigencias medioambientales, tales como disponibilidad de agua, luz, humedad y temperatura. La estratificación vertical es el resultado de la variación microclimática desde la parte alta del dosel, hasta el interior del bosque y debe ser pronunciada en bosques altos y cerrados, donde el cambio microclimático es más acentuado (Shaw 2004)<sup>11</sup>. Esta variación está determinada por la estructura y altura del dosel que regula la intensidad y dirección de luz recibida, la captación de humedad del aire y la temperatura del aire que llega a las plantas; por la disponibilidad de nutrientes, que está asociada a la presencia de materia orgánica muerta o briofitas en los hospederos (Gradstein et al. 2003<sup>12</sup>, Krömer y Gradstein 2003<sup>13</sup>, Cardelus y Chazdon

<sup>11</sup> Shaw, D.C. 2004. Vertical organization of canopy biota, p. 73-101. In M.D. Lowman & H.B. Rinker (eds.). Forest canopies (second edition). Elsevier Academic, San Diego, California, EEUU

<sup>12</sup> Gradstein, S.R., N.M. Nadkarni, T. Krömer, I. Holz & N. Nöske. 2003. A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity of tropical rain forest. Selbyana 24: 105-111.

<sup>13</sup> Krömer, T., S.R. Gradstein & A. Acebey. 2007b. Diversidad y ecología de epífitas vasculares en bosques montanos primarios y secundarios de Bolivia. Ecol. Bolivia 42: 23-33.

2005)<sup>14</sup>. Johansson (1974)<sup>15</sup> propuso dividir a los árboles en cinco zonas que representan distintos estratos del dosel, en ellas se ha encontrado que la zona I (base del tronco) es la que contiene la mayor parte de las especies exclusivas y que la mayor riqueza de especies se encuentra en las zonas III y IV que forman la parte interior y central del dosel.

En la Figura 2.5-60 se presenta el esquema de los estratos propuestos por Johansson, las cuales se describen a continuación:

Sección **I**: parte basa del tronco (0-3m).

Sección **II**: tronco parte media hasta la primera ramificación.

Sección **III**: parte basal de la primera ramificación (1/3 de la longitud total de la rama).

Sección **IV**: parte media la rama (1/3 de la longitud total de la rama).

Sección **V**: Parte más externa de la rama (1/3 de la longitud total de la rama).

---

<sup>14</sup> Cardelús, C.L. & R.L. Chazdon (2005). Inner crown microenvironments of two emergent tree species in a lowland wet forest. *Biotropica* 37: 238-244.

<sup>15</sup> Johansson, D. (1974). Ecology of vascular eophytes in West African rain forest. (S. V. Sallskapet, Ed.) *Acta Phytogeogr* (59), 136.

Ibagué y Piedras (Tolima)

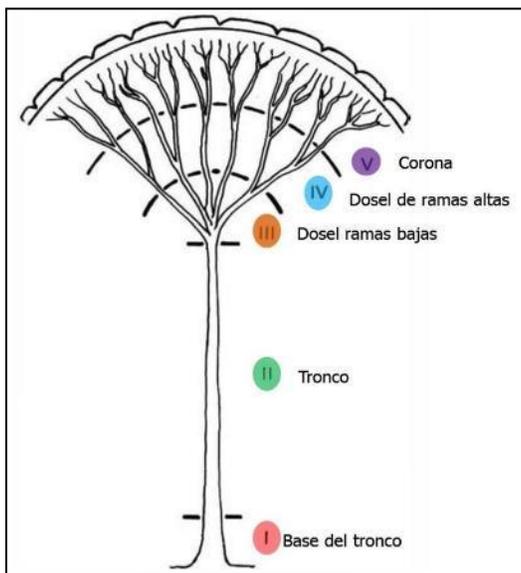


Figura 2.5-60. Subdivisión del forófito en estratos según Johansson

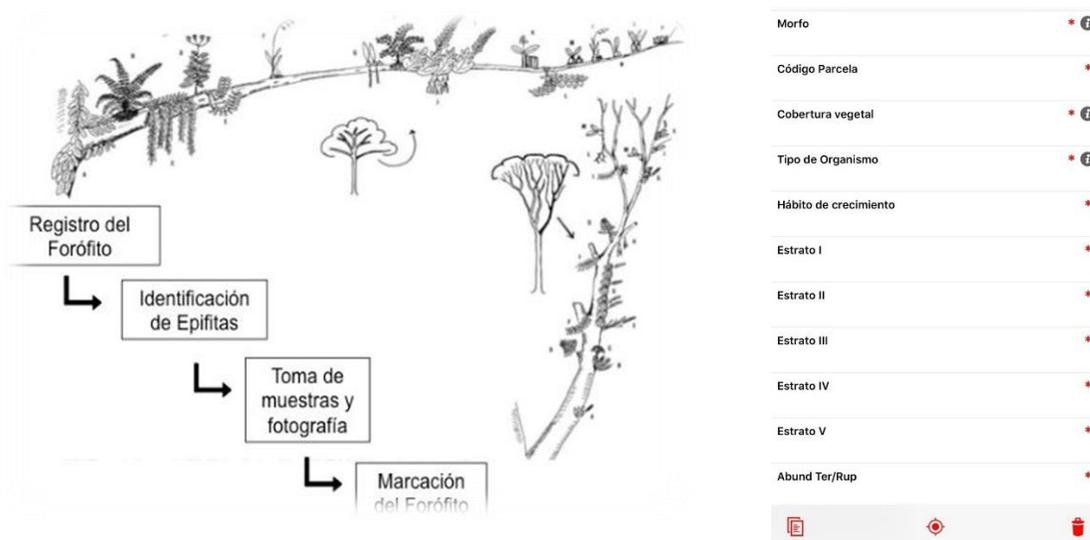
Fuente: JOHANSSON, D. 1974.

Para cada uno de los individuos registrados se tomaron los siguientes datos:

- 22.1. Coordenadas (forófito)
- 22.2. Especie y nombre común del forófito (Anexo D.2. Biótico – D.2.2 Flora Vascular y No Vascular)
- 22.3. Código del forófito en inventario forestal
- 22.4. Código para epífitas
- 22.5. Distribución zonas de Johansson
- 22.6. Tipo de hábito epífita
- 22.7. Abundancia relativa
- 22.8. Tipo de cobertura
- 22.9. Determinación taxonómica
- 22.10. Fotografía

Toda la información de campo se diligenció en formato digital, en donde se relacionaron los datos de ecología tales como hábito de crecimiento, sustrato, distribución vertical, entre otros (ver Figura 2.5-61). A cada muestra de las especies de epífitas, se le asignó

un número único consecutivo, con su correspondiente identificación, anotando sus características y condición ecológica.



**Figura 2.5-61. Toma de datos en campo sobre la flora epífita**

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

#### 2.5.4.1.2.1.3.3 Plantas vasculares de hábito terrestre

Para la caracterización de las especies de las familias Orquidiaceae y Bromeliaceae de hábito terrestre o rupícola se evaluó mediante el registro de todos los individuos presentes en cada unidad de muestro mediante Censo al 100% de los individuos presentes o registro de todos los individuos presentes en cada parcela de 0,1 ha desarrollada por cobertura natural a evaluar (unidad ecosistémica).

#### 2.5.4.1.2.1.3.4 Colecta de muestras botánicas

Para la colecta de muestras botánicas se tuvieron en cuenta las Técnicas de campo propuestas por el Jardín Botánico de Missouri<sup>16</sup>. Solamente se recolectaron muestras que se encontraron en estado de floración y /o fructificación (fértiles), tomando una sola muestra de cada morfo-especie, con la finalidad de poder identificar, de manera adecuada, hasta el menor nivel taxonómico posible. Para la preservación de las muestras se siguió la metodología establecida en la Resolución 02308 del 22 de noviembre de 2019 mediante la cual se otorga a la empresa Sayab Medio Ambiente S.A.S., el permiso de estudio de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales (ver Tabla 2.5-55).

**Tabla 2.5-55. Técnicas de preservación y transporte de muestras vasculares colectadas.**

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
<p>Para la flora vascular se realiza el prensado de las muestras, para esto se tomará cada muestra y se colocará entre hojas de papel periódico de formato 60 x 30 cm doblado por la mitad, las muestras se acomodarán, para dejar visibles caracteres morfológicos de la planta y de interés taxonómico. Para el alcoholizado se agruparán paquetes de muestras del material prensado, hasta un tamaño entre 20 a 30 cm de altura, estos paquetes se organizarán con la ayuda de tres hojas dobles de papel periódico. Se acomodarán hasta máximo tres paquetes por bolsa grande y sobre estas muestras se esparcirá alcohol al 70%.</p>	<p>Cajas de cartón debidamente selladas y etiquetadas hasta el herbario</p>

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

<sup>16</sup> Técnicas de campo utilizadas por el Jardín Botánico de Missouri. Compiladas por Ron LIESNER con sugerencias del personal técnico, científico y colaboradores. Traducido del inglés por Claudio TYGIER, Santa Cruz, Bolivia. Revisión del texto: Carmen Ulloa ULLOA y Rosa ORTIZ, Missouri Botanical Garden, Abril de 1996. Disponible Online: <http://www.mobot.org/MOBOT/molib/spanishfb/intro.shtml>

Para el caso de los representantes de la familia Bromeliaceae, las plantas de porte pequeño se recolectaron completas y para las grandes, fue necesario describir sus características (hojas: longitud, equitantes o en roseta, bordes; inflorescencias: longitud, tipo, ramificaciones; brácteas: tipo, cubierta de escamas o pilosidades, coloraciones). Luego se tomó una o dos hojas basales completas y se doblaron según su tamaño en forma de L, N, Z o M, o bien se seccionaron, pero se anotan las partes que la conforman para tener una idea exacta de su morfología. Las inflorescencias grandes deben recolectarse en tres secciones: un eje basal, uno medio y uno apical. Si son ramificadas se elimina uno de los dos lados y si son carnosas se seccionan por la mitad según las propuestas de Aguirre, (1986)<sup>17</sup> y Rodríguez & Rojas, (2002)<sup>18</sup> Ver Fotografía 2.5-22 y Fotografía 2.5-23). (Anexo D.2. Biótico – D.2.2 Flora Vascular y No Vascular.

Fotografía 2.5-22. Colecta de flora vascular



Fotografía 2.5-23. Montaje de muestras de flora vascular



Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

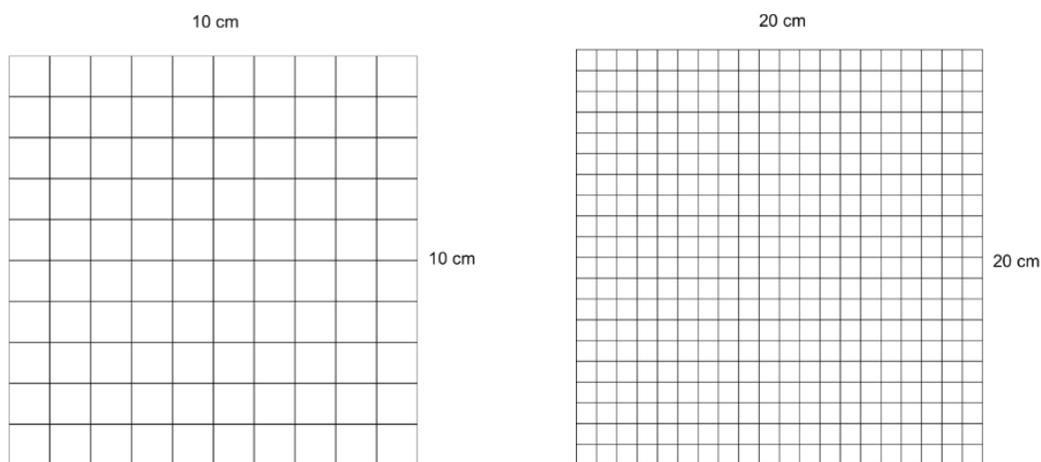
<sup>17</sup> Aguirre, L. E. 1986. Epífitas, pp. 113-119. En: A. Lot y F. Chiang (comp.). Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, AC, México.

<sup>18</sup> Rodríguez, E. F. y R. P. Rojas G. 2002. El Herbario: Administración y Manejo de Colecciones Botánicas. Herbarium Truxillense (HUT), Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Missouri Botanical Garden. R. Vásquez M., editor, Trujillo.

#### 2.5.4.1.2.1.4 Métodos para plantas No Vasculares

##### 2.5.4.1.2.1.4.1 Plantas No vasculares de hábito epífita

La cobertura de hepáticas, líquenes y musgos de hábito epífita y cortícola se cuantificó con la utilización de plantillas de acetato transparente con áreas de 100 cm<sup>2</sup> y/o 400 cm<sup>2</sup> (Figura 2.5-62) (Iwatzuki, 1960)<sup>19</sup>. A partir de la plantilla de acetato se puede aplicar un método efectivo para estimar la cobertura de cada una de las especies. El método consistió en ubicar la plantilla sobre el sustrato y la cobertura se estima registrando la frecuencia con que cada especie ocupa un determinado número de cuadrados de un (1) cm. Se usaron áreas con estas características (400 o 100 cm<sup>2</sup>), ya que las superficies que se pueden encontrar varían de regulares a irregulares y estos tipos de plantilla facilitan la medición en los diferentes sustratos. La plantilla de 400 cm<sup>2</sup> fue empleada en superficies uniformes; mientras la plantilla de 100 cm<sup>2</sup> fue usada en superficies irregulares en las cortezas y ramas (Fotografía 2.5-24).



**Figura 2.5-62. Cuadrículas de 10x10 y 20x20 empleadas para el cálculo de cobertura según Iwatzuki, 1960**

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

<sup>19</sup> IWATSUKI Z. The Epiphytic Briophyte Communities in Japan. J Hattori BotLab. 1960;22:159-339.

**Fotografía 2.5-24. Cálculo de cobertura de epífitas no vasculares mediante el uso de cuadrículas**



**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

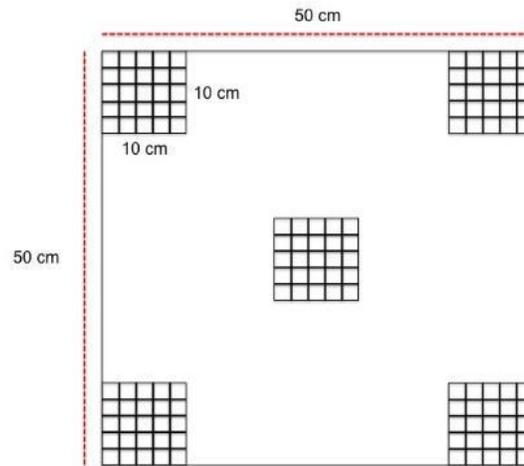
2.5.4.1.2.1.4.2 Plantas no vasculares de hábito rupícola y terrestres

Para la estimación de la cobertura de flora no vascular de hábito terrestre y rupícola se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Fletcher, 1973<sup>20</sup>, en el cual se describe una técnica para la determinación de cobertura sobre roca que incluso también se ajusta para la caracterización de las especies de hábito terrestre. La abundancia es establecida a partir de la implementación de un cuadrante de 50 x 50 cm como unidad básica de muestreo. Se empleó una cuadrícula flexible de acetato de 10x10 cm (subcuadrante) dividido en cuadros de 1 cm (100). Las cuatro esquinas del cuadrante y el centro (ver Figura 2.5-63) fueron muestreadas separadamente con la cuadrícula de acetato de 10x10 (subcuadrante) (ver Fotografía 2.5-25). La cobertura fue calculada por el conteo del número de cuadros de 1cm. La información de los cinco subcuadrantes de 10x10 son combinados para dar un estimado total de cobertura de especies. De hecho, este método

---

<sup>20</sup> Fletcher, A. (1973). The ecology of maritime (supralittoral) lichens on some socky shores of Anglesey. *Lichenologist* (5), 401-422.

mide la frecuencia de individuos sobre el 50% de la cobertura del cuadrante. Finalmente se realizó registro fotográfico en macro de las especies muestreadas (Bates, 1982)<sup>21</sup>.



**Figura 2.5-63. Cuadrante de 50x50 cm y subcuadrantes de 10x10 para cálculo de cobertura de flora no vascular de hábito terrestre**

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

**Fotografía 2.5-25. Cálculo de cobertura de flora no vascular de hábito terrestre**



E: 4763173,136 N: 2044364,368

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

<sup>21</sup> Bates, J. (1982). Quantitative Approaches in Bryophyte Ecology. En A. Smith, *Bryophytes Ecology* (págs. 1-44). London: Chapman & Hall.

#### 2.5.4.1.2.1.4.3 Colecta de muestras

Las muestras fueron extraídas con la ayuda de una espátula y/o cuchillo, una vez extraída la muestra fueron rotuladas y en planillas de campo fue consignada la siguiente información: número del forófito, estrato, sustrato, hábito, biotipo, forma de crecimiento y coordenada del forófito (ver Fotografía 2.5-26 y Fotografía 2.5-27).

**Fotografía 2.5-26. Colecta de muestras no vascular**



E: 4769594,221 N: 2037176,703

**Fotografía 2.5-27. Preservación de muestras no vasculares**



**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

En la Tabla 2.5-56 se presentan los métodos de preservación y movilización de los individuos según lo autorizado en el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológicas con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales Resolución 02308 del 22 de noviembre de 2019 mediante la cual se otorga a la empresa Sayab Medio Ambiente S.A.S. Para la confirmación y/o determinación de los ejemplares colectados se contó con la asesoría de los curadores y taxónomos expertos de cada grupo botánicos, ver Anexo D.2. Biótico – D.2.2 Flora Vasculare y No Vasculare.

**Tabla 2.5-56. Técnicas de preservación, movilización y transporte para flora no vascular en veda.**

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
Para la flora no vascular las muestras colectadas en el día se llevarán en bolsas de papel, al terminar la jornada se sacarán y las bolsas de papel se dejarán abiertas debidamente organizadas para eliminar la humedad mientras sean transportadas al herbario para realizar el proceso de secado y determinación.	Cajas de cartón debidamente selladas y etiquetadas hasta el herbario

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

#### 2.5.4.1.2.1.5 *Post campo*

##### 2.5.4.1.2.1.5.1 Análisis de datos

Se realizó el análisis de riqueza y abundancia de plantas conforme a su hábito de crecimiento (terrestres, rupícolas y epífitos). Para las especies de hábito epífito se desarrolló un análisis de preferencia de colonización por especies hospedera, donde la abundancia fue estimada en superficie colonizada en cm<sup>2</sup>. Una vez se contó con la determinación taxonómica de cada morfo, se actualizó la matriz de registros señalando, nombre científico, familia sistemática, hábito de crecimiento, usos, endemismos y grado de amenaza de cada especie.

##### 2.5.4.1.2.1.5.2 Determinación taxonómica

La determinación del material colectado se realizó por profesionales botánicos expertos en cada grupo taxonómico, para tal fin se recomendó el uso de fuentes bibliográficas especializadas disponible para Colombia y países de norte y sur América:

- Líquenes: Sipman & Aguirre (1982)<sup>22</sup>, Brodo, et al. (2001)<sup>23</sup>.

<sup>22</sup> Sipman, A. & Aguirre J. 1982. Contribución al conocimiento de los líquenes de Colombia. I clave genérica para los líquenes foliosos y fruticosos de los paramos colombianos. Caldasia vol. XIII No. 64. pp: 603-634.

<sup>23</sup> Brodo, I. M., Duran, S. & Sharnoff, S. 2001. Líquenes of North América. Yale University Press. New Haven and London.

- Musgos: Lisboa (1994)<sup>24</sup>, Churchill & Linares (1995)<sup>25</sup>, Linares (2001)<sup>26</sup>.
- Hepáticas: Gradstein (1997)<sup>27</sup>, Uribe & Aguirre (1997)<sup>28</sup>, Gradstein et al. (2001)<sup>29</sup>.

En el Anexo D.2. Biótico – D.2.2 Flora Vasculare y No Vasculare se presentan los certificados de terminación taxonómica de los morfotipos recolectados para cada grupo taxonómico (Vasculares y No Vasculares).

#### 2.5.4.1.2.1.5.3 Determinación de especies bajo categoría de amenaza

Para la determinación del grado de amenaza en el que se encuentran las especies reportadas en el censo se utilizó la Resolución 1912 de septiembre 15 de 2017 del MADS, listas rojas de la International Union for Conservation of Nature - IUCN, los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestre CITES I, II y III. De igual forma, se tuvo en cuenta las diferentes referencias bibliográficas para Colombia como Colección Viva de Especies Amenazadas. Contribución del Jardín Botánico José Celestino Mutis (2010)<sup>30</sup>. Libro rojo de plantas de Colombia. **Vol 2:** Palmas, Frailejones y Zamias de Calderón, Galeano & García (2005)<sup>31</sup>. Serie Libros rojos de especies amenazadas Libro rojo de Plantas de Colombia **Vol.3** (Bromelias, Labiadas y Pasifloras) de García & Galeano (2006)<sup>32</sup>, Libro Rojo de Briofitos de Colombia de Linares & Uribe (2002), Libro rojo de plantas de Colombia. **Vol. 6:**

<sup>24</sup> Lisboa, R. 1994. Adicoes a brioflora do estado do Pará. Bot. Mus. Para. Emilio Goeldi, sér. Bot. 10(1), pp. 15-42.

<sup>25</sup> Churchill S. P. & Linares, E. 1995. Prodrómus Bryologiae Novo-Granatensis-Introducción a la Flora de Musgos de Colombia. Biblioteca "Jose Jerónimo Triana". No. 12, Vol. 1y 2. Santa Fé de Bogotá; Instituto de Ciencias Naturales – Museo de Historia Natural, universidad Nacional de Colombia, Ed. Guadalupe.

<sup>26</sup> Linares, E. 2001. Taller de briófitos de Colombia, Zona Nor-Oriental, 5, 6 y 7 de diciembre de 2001. Documento de trabajo. Clave de género de hepáticas de Colombia y clave para familias de musgos de Colombia.

<sup>27</sup> Gradstein, R. S. 1997. A guide to the bryophytes of tropical America. 1. Liverworts and Hornworts. Brussels.

<sup>28</sup> Uribe, J. & Aguirre J. 1997. Clave para los géneros de Hepáticas de Colombia. Caldasia 19(1-2). Pp. 13-27.

<sup>29</sup> Gradstein, R S., Churchill, S P. & Salazar-Allen N. 2001. Guide to the Bryophytes of tropical America. Memoirs of The New York Botanical Garden Volumen 86. 577 pp.

<sup>30</sup> Santos-C.G., J.C.Ordoñez & G Morales-L. 2010. Colección Viva de Especies Amenazadas. Contribución del Jardín Botánico José Celestino Mutis.(on line). Bogotá, Colombia: Jardín Botánico José Celestino Mutis.

<sup>31</sup> Calderon, E., G. Galeano & N. Garcia (eds.). 2005. Libros Rojos de Plantas de Colombia. Volumen 2: Palmas, Frailejones y Zamias. Series Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt-Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Terriortorial 454 pp.

<sup>32</sup> García, N. & G. Galeano (eds). 2006. Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 3: Las brómelias, las labiadas y las pasifloras. Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt-Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Terriortorial. 657 pp.

Orquídeas, primera parte Calderón (2006)<sup>33</sup>. Las muestras fueron remitidas a los herbarios de la Universidad del Tolima y Universidad Distrital Francisco José de Caldas para su determinación por personal experto en cada grupo taxonómico.

#### 2.5.4.1.3 Fragmentación

Los procesos fragmentación y conectividad se analizaron a partir de las unidades de cobertura vegetal de tipo natural y seminatural. El estudio tiene como base las métricas del paisaje, las cuales informan sobre el estado actual de las coberturas de estudio, paisaje de estudio y la estructura del paisaje, reconociendo que actividades económicas y/o procesos naturales contribuyen al cambio.

De acuerdo con los términos de referencia y la guía metodológica para la presentación de estudios ambientales, se implementarán las siguientes métricas del paisaje i) a nivel de parche la métrica de distancia euclidiana al vecino más cercano ii) a nivel de clase, área total, número de parches, distancia de borde, índice de forma, índice de dimensión fractal, iii) a nivel de paisaje, índices de diversidad que permiten definir el estado actual del área y la dinámica de la zona en términos de tamaño, número de parches, aislamiento y forma.

Es importante mencionar que, para el presente estudio de impacto ambiental, los resultados arrojados por cada una de las métricas en sus diferentes niveles tuvieron una comparación de dos escenarios evaluados, que comprende el escenario actual sin proyecto y el escenario una vez sea implementado el proyecto fotovoltaico (D.2. Biótico – D.2.4 Fragmentación).

A continuación, se describe de manera detallada, el procedimiento y aplicación de las métricas del paisaje para los diferentes niveles (parche, clase y paisaje), con el objetivo de conocer los procesos de fragmentación y estado de conectividad de las coberturas

---

<sup>33</sup> Calderon-Saenz E. (ed.). 2006. Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 3: Orquideas, primera Paete. Series Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt-Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 828 pp.

vegetales naturales y seminaturales identificadas dentro del área de influencia del proyecto. En cada uno de estos elementos evaluados se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos en los dos escenarios (Sin proyecto y Con proyecto) objeto de estudio, en el cual se discuten y analizan los resultados.

#### *2.5.4.1.3.1.1 Comparación de escenarios a nivel de parches, clase y paisaje*

Con el fin de conocer los procesos de fragmentación y conectividad de las coberturas vegetales naturales y seminaturales que hacen parte del área de influencia del proyecto, se realizó un análisis comparativo de los resultados arrojados por las métricas del paisaje a nivel de parche, clase y paisaje en dos escenarios que corresponden al momento actual (Sin proyecto) y al momento de la implementación del proyecto (Con proyecto).

#### *2.5.4.1.3.1.2 Obtención de las métricas del paisaje a nivel de parche, clase y paisaje.*

Las métricas del paisaje se obtuvieron con el software especializado en el análisis de la ecología del paisaje V-late (Versión 2.0), el cual corresponde a una extensión de ArcGis. Dicho software procesa y arroja datos con relación al área, número de fragmentos, forma, área core, entre otros, a nivel de clase de cobertura y paisaje. Cabe mencionar que, los resultados arrojados por las métricas del paisaje fueron presentados en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), sin embargo, para mantener una homogeneidad en las unidades de medida dentro del documento, estos resultados se transformaron en hectáreas (ha). A continuación, se relacionan las métricas a estudiar en el presente documento.

#### *2.5.4.1.3.1.2.1 Obtención de métricas a nivel de parche*

##### **Distancia al vecino más cercano**

Es la variación de la distancia promedio de los parches vecinos que pertenecen a la misma categoría. El índice es basado en la distancia de un borde hacia el otro para cada parche del tipo correspondiente. El resultado de este índice se interpreta de la siguiente manera: una disminución de sus valores puede suponer la aparición de nuevos

fragmentos, por el contrario, su incremento supone la agregación de múltiples fragmentos que se encontraban muy cercanos.

$$ENN = h_{ij}$$

Donde  $h_{ij}$ : Es la distancia de un parche  $ij$  al vecino más cercano de su misma clase.

2.5.4.1.3.1.2.2 Obtención de métricas a nivel de clase

### 23. Área de clase:

El área de la clase es una medida analizada en hectáreas de las coberturas vegetales naturales y seminaturales. Este cálculo se realizó a partir de la sumatoria de extensión de cada uno de las de las coberturas vegetales naturales y seminaturales presentes en el área de influencia del proyecto.

23.1.

$$TCA = \sum_{j=1}^a a_{ij} \left( \frac{1}{10.000} \right)$$

Dónde:

$a_{ij}$  = área ( $m^2$ ) del parche

**TCA** = área total analizada, cuando toda ésta consiste de un solo parche del tipo de cobertura boscosa natural o seminatural considerado.

### Número de parches:

Es una medida de la subdivisión o fragmentación de los parches de una clase de cobertura dada en el área analizada. La variación en el número de parches por clase es importante en diversos estudios ambientales, puesto que a partir de estos se puede inferir sobre el estado de conservación del área y así mismo reconocer, determinar y predecir procesos naturales que ocurren en una zona de interés.

Ibagué y Piedras (Tolima)

23.3.

23.4. 
$$NP = n_i$$

23.5.

**NP** = 1 cuando el área analizada contiene sólo un parche del tipo cobertura vegetal natural o seminatural considerada. **n<sub>i</sub>** = Es igual al número de parches del tipo de cobertura vegetal natural o seminatural considerada. Intervalo:  $NP \geq 1$ .

23.6.

23.7. Índice de forma

23.8.

Este índice evalúa la forma paisaje, es decir a nivel de parche individual, con relación a los resultados obtenidos al formular la siguiente ecuación:

$$F = P / (2\pi \sqrt{A / \pi})$$

Dónde:

A es el área del parche en (m<sup>2</sup>).

P perímetro del parche (m).

El índice de forma tiene un valor 1 cuando el polígono mantiene una forma regular, por tanto, puede interpretarse como un (nodo o parches) y a medida que aumenta su valor, directamente incrementa la complejidad de la forma del polígono (enlace). Estos resultados en relación con su área, composición florística y a la capacidad de movimiento de las especies, son útiles para representar y describir cuantitativamente un paisaje como un conjunto de parches o unidades de cobertura vegetal natural o seminatural interconectadas.

## 24. Dimensión fractal

El índice de dimensión fractal, calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro. A continuación, se presenta la formula con la que se obtiene el resultado de esta métrica.

$$\text{FRAC} = \frac{2 \ln (.25 p_{ij})}{\ln a_{ij}}$$

$P_{ij}$ : Perímetro en metros del parche  $ij$ .

$a_{ij}$ : área en  $m^2$  del parche  $ij$ .

24.1.

## 25. Densidad de borde

El borde o ecotono se define como la zona de transición entre hábitats adyacentes, es decir la relación que existe entre la matriz y el parche. Por lo tanto, se tomaron como la zona límite que bordea y mantiene en regulación el intercambio de materia y energía entre los bordes pertenecientes para cada clase de ecosistema existente en el paisaje.

A partir de las diferentes condiciones ambientales procedentes de la matriz circundante o por medio de agentes exógenos bien sean de tipo natural o antrópico, causan un efecto negativo sobre los remanentes boscosos afectando principalmente su estructura y composición.

$$\text{ED} = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (10,000)$$

$e_{ik}$ : Equivale a la suma de las longitudes en (m) de todos los segmentos de borde de los fragmentos de la unidad ecosistémica de interés.

$A$ : Área total del paisaje en ( $m^2$ )

$i$ : incluye los límites del paisaje y segmentos del tipo de parche.

El resultado de la fórmula de la densidad del borde se multiplica por 10.000 para convertir ese valor en hectáreas (Badii Zabeh, Castillo, Wong, & Land, 2007).

#### 2.5.4.1.3.1.2.3 Obtención de métricas a nivel de paisaje

### 26. Contexto paisajístico

El análisis de la conectividad ecológica se genera con base la información consignada en la Metodología general de estudios ambientales (2010), donde el contexto paisajístico se refiere a la conectividad del fragmento del ecosistema natural estudiado con otros fragmentos de la misma o diferente clase. Para su valoración y espacialización se empleó un buffer de búsqueda de 500m en la periferia de cada fragmento. Los valores de del contexto paisajístico para las clases de estudio oscilan entre 0 y 1, cuando el índice posee un valor de cero (0) se infiere que los remanentes dentro del paisaje están distanciados exponiendo fragmentación y a medida que este valor incrementa, la clase dentro del paisaje expone una alta conectividad (Tabla 2.5-57).

**Tabla 2.5-57. Rangos establecidos para determinar el grado de conectividad las clases naturales boscosas identificadas.**

Índice CP	0 – 0,1	0,10 – 0,4	0,40 – 0,8	0,80 – 0,9	0,90-1
<b>Conectividad</b>	Mínima	Media	Moderada	Fuerte	Extrema
<b>Fragmentación</b>	Extrema	Fuerte	Moderada	Media	Mínima

### 27. Diversidad paisajística

Con el fin de conocer la diversidad de coberturas vegetales naturales y semi-naturales dentro de los paisajes obtenidos en las dos temporalidades, se aplicarán los índices de biodiversidad de Shannon el cual se describe a continuación:

28. **Índice de Shannon:** Valora la diversidad paisajística, es decir, la heterogeneidad, a partir de la diversidad de fragmentos. Su valor absoluto no es muy significativo, pero es útil para comparar distintos paisajes o un mismo paisaje en distintos momentos temporales (i Subirós, Linde, & Pascual, 2006). Su adaptación para medir la diversidad paisajística se realiza tomando como área de estudio a los ámbitos paisajísticos, sobre

los que se calcula la riqueza y abundancia de las unidades fisionómicas que recae dentro de su delimitación (abundancia relativa de unidades fisionómicas y el grado de equilibrio en su distribución). Para ello se calcula la proporción en la que se distribuyen las unidades paisajísticas (UP) midiendo dos parámetros:

29.

29.1. N° de UP distintas (riqueza)

29.2. Su reparto en términos superficiales dentro del ámbito paisajístico.

29.3.

$$H' = \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

29.4.

29.5. Donde, S es la riqueza o el número de unidades paisajísticas diferentes, Pi es la proporción ocupada por la UP i (ni) respecto a la superficie total del ámbito, es decir, su abundancia relativa en términos superficiales.

### 30. Área core o núcleo efectiva

Para el cálculo del área Core o núcleo efectiva, se tomó un buffer de distancia al interior de cada parche de -50 metros contado desde el borde al interior de los fragmentos, para así calcular la superficie interior de cada parche evaluado de esta cobertura natural (Vila, y otros 2006).

### 31. Análisis de conectividad

A partir de los resultados obtenidos anteriormente y de la interpretación del índice de forma, se conocerán los elementos del paisaje (parche o corredor) de las diferentes coberturas naturales o seminaturales identificadas dentro del área de influencia del proyecto que aportarán a la conectividad estructural del territorio como una medida de sostenibilidad de hábitat.

De manera complementaria a lo anterior, para lo elementos naturales que contribuyen a la conectividad del paisaje, se realizará la identificación de las áreas nucleares, las cuales se obtienen a partir de la simulación de un efecto de borde de -50m al interior de las

coberturas vegetales naturales y seminaturales, de tal manera que, se reconocerán cuáles de las coberturas estudiadas se encuentran en la capacidad de soportar biodiversidad a pesar de recibir los efectos deletéreos del ambiente circundante.

#### 2.5.4.1.4 Fauna silvestre

La caracterización de la fauna silvestre asociada al Área de Influencia Biótica (AIB) definida para el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Fotovoltaico Shangri-La contó con tres fases principales: 1) Fase de pre-campo de levantamiento de información secundaria antes de visitar el área de estudio, con la finalidad de conocer la riqueza faunística de la zona y el estado actual de sus coberturas vegetales para el establecimiento de los sitios potenciales a muestrear; 2) Fase de campo, la cual consistió en el levantamiento de información primaria mediante la implementación de diferentes metodologías para establecer la riqueza, composición, amenazas y estado actual de las comunidades faunísticas a evaluar en el área de influencia del proyecto y 3) Fase de post-campo, donde se analizó la información primaria con el fin de conocer la riqueza, composición y amenazas de la fauna de la zona.

##### 2.5.4.1.4.1.1 Fase pre-campo

Teniendo en cuenta la revisión de información secundaria proveniente de publicaciones de los diferentes grupos faunísticos a evaluar, se generó un listado potencial para el ámbito regional del proyecto, con base en el rango de distribución geográfica de cada especie y su distribución altitudinal actualizada, realizando un filtro hasta los 1211 metros de altura, cota mayor de altura de la zona de estudio. Además, se consultaron las páginas web del Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia, las colecciones científicas en línea del Instituto de Ciencias Naturales – ICN de la Universidad Nacional de Colombia y el sistema de información de Alertas tempranas Tremarctos Colombia 3.0 (D.2. Biótico – D.2.3 Fauna).

Para Anfibios y Reptiles se tuvo en cuenta a: Ayala & Castro (Inédito), Pérez-Santos & Moreno (1988), Sánchez-C et al. (1995), Castaño-Mora et al. (1997), Acosta-Galvis (2000),

Lynch (2000), Castaño-Mora et al. (2004), Campbell & Lamar (2004), Carvajal-Cogollo (2006), Rueda-Almonacid et al. (2007), Medina-Rangel (2008), Carvajal-Cogollo & Urbina-Cardona (2008), Rangel-Ch (2008), Galván-Guevara (2009), Cárdenas-Arévalo et al. (2010), Romero & Lynch (2010), Acosta-Galvis (2012), Páez et al. (2012), Romero & Lynch (2012), Acosta-Galvis & Cuentas (2016). En Aves se consideró la información consignada en: Hilty & Brown (2001); McMullan & Donegan (2014). Para Mamíferos se utilizó la información presente en Muñoz-Saba (2010), Solari et al. (2013), Racero-Casarrubia et al. (2015) y Ramírez-Chaves et al. (2016).

Para el registro de especies en las categorías de amenaza a nivel nacional, se siguieron los libros rojos de anfibios (Rueda-Almonacid et al., 2004), reptiles (Morales-Betancourt et al., 2015), aves (Rengifo et al., 2014; Rengifo et al., 2017) y mamíferos (Rodríguez-Mahecha et al., 2006) como también la resolución 1912 (MADS, 2017). A nivel global se siguió lo propuesto por la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2016). Así mismo, se tuvieron en cuenta los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES, 2016); y para establecer las especies con distribución restringida (endémicas y casi endémicas) se tuvieron en cuenta a: Acosta-Galvis y Cuentas (2016) para anfibios, Uetz et al. (2016) para reptiles, Chaparro-Herrera et al. (2013) para aves y Ramírez-Chaves et al. (2016) para mamíferos.

Con esta información secundaria se realizó un análisis sencillo sobre la riqueza potencial para cada grupo faunístico en el Área de Influencia del proyecto, estableciendo su composición y estructura, mostrando su riqueza a nivel de familias y resaltando las especies de mayor interés de conservación a nivel regional (amenazada, endémica, migratoria, entre otras).

También se realizó la propuesta de los puntos potenciales a muestrear, según las unidades de cobertura que se tenían identificadas para la zona de estudio, como también el esfuerzo de muestreo potencial a emplear. Finalmente, a partir de la revisión y análisis de imágenes de satélite, ortofotografías, cartografía temática de cobertura y uso de la

tierra en la zona de estudio, se identificaron sitios potenciales a muestrear teniendo en cuenta los ecosistemas asociados a coberturas naturales y seminaturales presentes en el Área de Influencia.

#### *2.5.4.1.4.1.2 Fase de campo*

Los inventarios se llevaron a cabo en un periodo de 13 días, teniendo en cuenta los métodos propuestos por la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales expedida por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2018) y lo establecido por el Instituto Alexander von Humboldt para inventarios biológicos (Villarreal et al., 2006).

La caracterización de la comunidad de fauna silvestre en el área de estudio se desarrolló en las coberturas de: Tejido urbano discontinuo, Zonas industriales, Red vial y Territorios asociados, Otras explotaciones mineras, Otros cultivos transitorios, Arroz, Caña, Pastos limpios, Pastos arbolados, Pastos enmalezados, Bosque de galería y ripario, Plantación forestal, Arbustal denso, Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Tierras desnudas y degradadas, Cuerpos de agua artificiales y Estanques para acuicultura continental (Figura 2.5-64) de los biomas: Hidrobioma Chaparral, Hidrobioma Tolima Grande, Orobioma Subandino Chaparral y Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande. En cada una de estas coberturas se desarrollaron métodos de detección directa, a través de transectos con sistemas de trapeo sobre cada una de las cubiertas vegetales evaluadas. Es así como, las coberturas vegetales para el muestreo fueron seleccionadas por representar en primera medida remanentes de ecosistemas naturales (bosques y vegetación secundaria) para registrar especies sensibles y propias de la región, al igual que coberturas de herbazales y zonas pantanosas para registrar especies generalistas y conocer su estado actual y adaptación a estas zonas transformadas.

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Pastos enmalezados**



**Arbustal denso**



**Tierras desnudas y degradadas**



**Caña**



Ibagué y Piedras (Tolima)

Pastos limpios



Tejido urbano discontinuo



Zonas industriales



Estanques para acuicultura continental



Arroz



Pastos arbolados



Ibagué y Piedras (Tolima)

Bosque de galería y ripario



Vegetación secundaria alta



Cuerpos de agua artificiales

Vegetación secundaria baja



Plantación forestal

**Figura 2.5-64 Coberturas presentes en el área de influencia**

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

A continuación, se presenta la metodología específica y el esfuerzo de muestreo realizado en campo para cada uno de los grupos faunísticos evaluados en el AI del EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La.

### 32. Anfibios y reptiles

Para el presente estudio se tomaron datos relacionados con la composición, riqueza y abundancia relativa de anfibios y reptiles en diferentes tipos de hábitat, representados por las unidades de cobertura vegetal descritos en la caracterización florística. Se empleó la técnica de transectos de inspección por encuentro visual de longitud variable sin tiempo determinado (Crump & Scott, 1994; Angulo *et al.*, 2006), de tal forma que

abarcaran un área representativa de acuerdo con el tipo de hábitat estudiado. Los inventarios se llevaron a cabo en un periodo de dos (2) días por punto, para un total de 12 días de muestreo, la caracterización de la comunidad de anfibios y reptiles en el área de estudio se desarrolló en las coberturas de: Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Pastos arbolados, Pastos limpios, Pastos enmalezados, Plantación forestal, Bosque de galería y ripario, Arbustal denso, Red vial y territorios asociados, Zonas industriales, Tierras desnudas y degradadas, Téjido urbano continuo, Arroz, Caña, Otros cultivos transitorios, Cuerpos de agua artificiales, Vegetación asociada a cuerpos de agua, de los biomas: Orobioma Subandino Chaparral, Hidrobioma Chaparral, Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande. Se implementó un esfuerzo de muestreo de 24 horas/hombre por cobertura vegetal, para un total aproximado de 312 horas efectivas

### 32.1. Muestreo por encuentro casual

Los Transectos de Inspección por Encuentros Visuales (VES, por sus siglas en Ingles), son un método estándar y muy eficiente en el inventario y monitoreo de anfibios y reptiles en un área para obtener el mayor número de especies en el menor tiempo por parte de colectores experimentados y compilar una lista de especies (composición de especies de un ensamblaje) para estimar la riqueza y la abundancia relativa de las especies.



**Figura 2.5-65 Muestreo por encuentro casual**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

El método consiste en caminar aleatoriamente (realización de un muestreo por revelamientos en encuentros visuales) a lo largo de una quebrada, alrededor de un pantano, o siguiendo una trocha dentro de las diferentes coberturas presentes, observando y buscando con mucha atención cualquier especie de anfibio o reptil que se pueda encontrar, Figura 2.5-65. En el presente estudio se establecieron en total 23 transectos, donde se realizaron recorridos diurnos (08:00-12:00 o 15:00–18:00 horas) y nocturnos (18:00-22:00 horas) en las diferentes unidades de cobertura, buscando activamente individuos en todos los lugares posibles: vegetación asociada a cuerpos de agua, ramas, hojas, troncos vivos, hojarasca, oquedades en troncos o en el suelo, sustrato debajo de rocas o árboles caídos.

En cuanto a los reptiles acuáticos como tortugas y cocodrilos, los cuales generalmente se agrupan principalmente al interior o cercanías de los cuerpos de agua, se utilizó el método de conteos nocturnos propuesto por Rueda et al. (2007), el cual es un método eficiente para determinar la distribución espacial de los individuos, la demografía, la abundancia y el uso del hábitat (Rueda-Almonacid, 2007); Para su ejecución se procedió a observar detenidamente a través de desplazamientos a una velocidad constante, durante las horas de mayor actividad de los cocodrilianos (18:00 a 22:00 horas), alumbrando la superficie del agua y/o las riberas con luz blanca potente enfocada hacia los ojos.

La captura de los individuos se efectuó en forma manual para anfibios y saurios, para serpientes se emplearon ganchos o pinzas herpetológicas; se capturaron todos los ejemplares observados hasta una altura de 2 m (Figura 2.5-66). Cada ejemplar fue almacenado en bolsas plásticas humedecidas y con vegetación en su interior para su posterior descripción y registro fotográfico (D.2. Biótico – D.2.3 Fauna). Los individuos que fueron capturados fueron liberados en el mismo sitio de origen.

Ibagué y Piedras (Tolima)

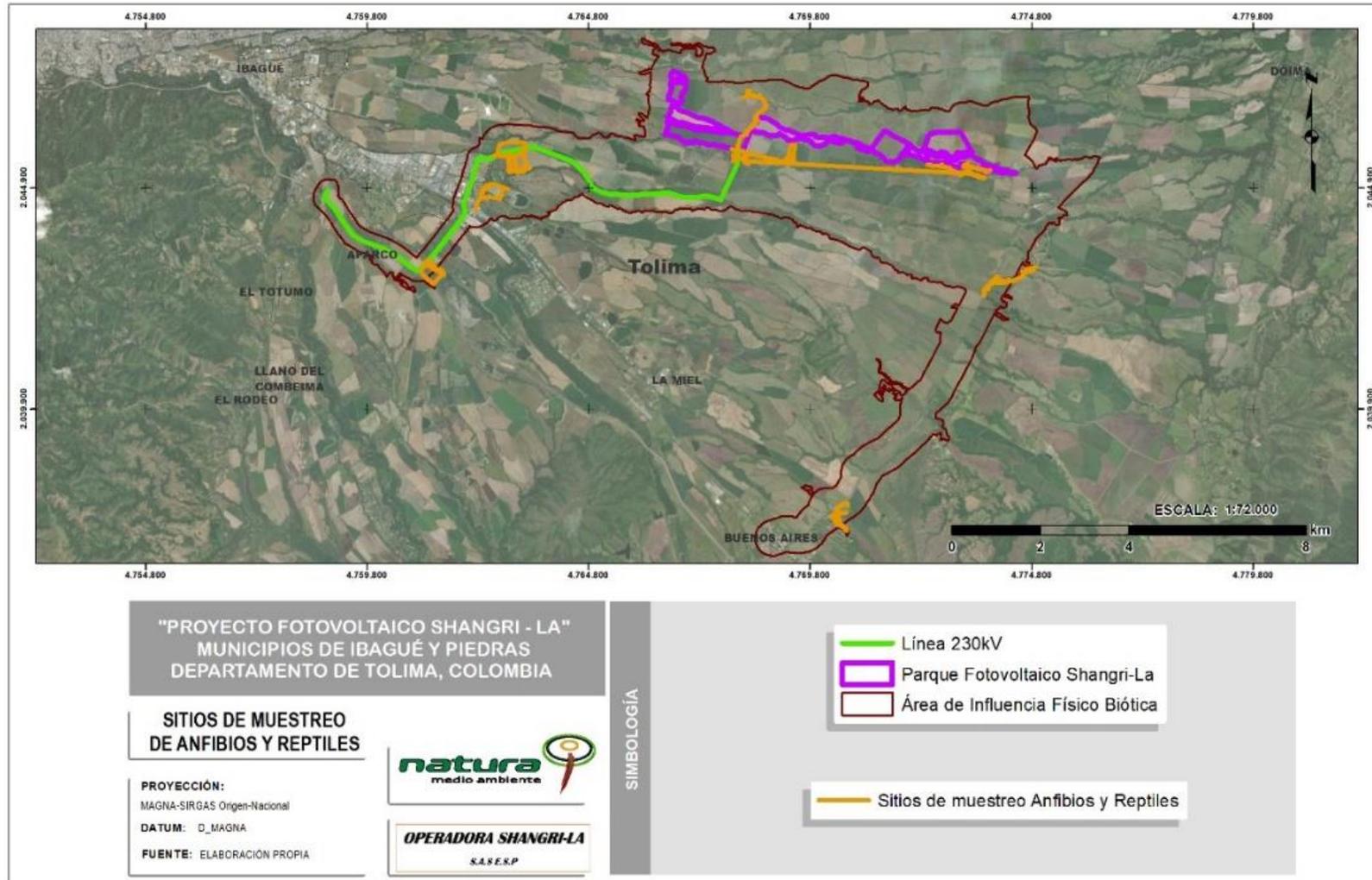


**Figura 2.5-66 Captura activa de la herpetofauna**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

En la Figura 2.5-67 se presenta la localización espacial de los transectos realizados para la caracterización de los anfibios y reptiles presentes en el área objeto de licenciamiento y su área de influencia.

Figura 2.5-67 Mapa de los sitios de muestreo del grupo de Anfibios y Reptiles



Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

**Tabla 2.5-58 Coordenadas de ubicación de los Transectos de la herpetofauna en el AIB del EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La**

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO TRANSECTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA	BIOMASA	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	FECHA
		COORDENADA DE INICIO		COORDENADA FINAL								
		E	N	E	N							
Anfibios y reptiles	HP1Tr ack1	476120 4,001	204323 7,692	476120 6,462	204323 6,453	970	Aparco	Vsa, Bgr, RyTa	Os-C	3600	19/06 /2021	
	HP1Tr ack2	476147 5,074	204293 4,139	476147 9,575	204293 6,721	968		Arr, Vsa, CaA, Pe, Bgr, RyTa		4300	20/06 /2021	
	HP1Tr ack3	476119 8,894	204323 8,068	476123 0,306	204321 4,289	963		Vsa, CaA, Bgr, RyTa		3300	20/06 /2021	
	HP2Tr ack1	476335 4,435	204592 0,141	476267 7,515	204563 1,462	947	Picaleña sector rural	Arr, Bgr, RyTa, Pa, Pl, Vsb	H-C	4800	21/06 /2021	
	HP2Tr ack2	476269 8,697	204563 1,772	476299 5,908	204560 6,202	953		Arr, Bgr, RyTa, Pa, Vsb		3800	21/06 /2021	
	HP2Tr ack3	476224 3,501	204441 9,627	476241 6,075	204490 7,104	1139		Bgr, CaA, Pl, Tuc, RyTa, Vsa, Vsb		11000	22/06 /2021	
	HP2Tr ack4	476238 7,894	204476 3,490	476243 1,014	204485 5,180	1211		CaA, Pl, RyTa, Vsa, Vsb		11700	22/06 /2021	
	HP3Tr ack1	476802 4,068	204578 6,135	476832 4,408	204557 6,307	828		Bgr, Oct, Pa, RyTa, Zi		Zat-TG	2500	23/06 /2021
	HP3Tr ack2	476833 6,884	204561 3,389	476833 0,531	204558 7,198	835		Bgr, Pa, Zi			1600	23/06 /2021

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO TRANSECTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA	BIOMA	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	FECHA
		COORDENADA DE INICIO		COORDENADA FINAL								
		E	N	E	N							
	HP3Tr ack3	476834 6,500	204559 6,124	476833 8,264	204562 1,448	820	Estación Doima	Piedras	Ad, Arr, Bgr, Pa, Pe, RyTa, Vsa, Zi		4500	24/06 /2021
	HP3Tr ack4	476807 0,018	204563 3,247	476806 5,019	204561 8,739	842			Arr, Bgr, Oct, Pa, Pe, Pl, RyTa, VaCa, Vsa, Zi		8500	24/06 /2021
	Track 1 P4	476840 3,626	204550 0,518	477343 0,873	204522 4,151	777,5			Eac, Bgr, Pa, Pe, A, Vsa		5000	24/06 /2021
	HP4Tr ack1	477373 7,273	204513 2,029	477342 0,879	204523 6,485	1044			Arr, Bgr, CaA, Pa, Pl, Vsa		23.300	25/06 /2021
	HP4Tr ack2	477333 8,489	204525 2,011	477271 6,268	204538 5,908	746			Arr, Bgr, CaA, Pa, Vsa		1900	26/06 /2021
	HP4Tr ack3	477342 8,057	204524 2,128	477343 1,754	204523 0,024	745			Arr, Bgr, CaA, Pa, Vsa		5000	26/06 /2021
	HP5Tr ack1	477389 5,441	204274 4,785	477389 9,994	204275 9,943	717			Bgr, Cñ, Pf, Pl, RyTa		3700	27/06 /2021
	HP5Tr ack2	477389 0,976	204275 8,457	477384 0,399	204270 3,019	964	Bgr, Cñ, Pf, Pl, RyTa		4200	27/06 /2021		
	Track 3 P5	477389 3,597	204277 7,949	477389 3,239	204277 0,756	704,5	Cñ, RvTa, Bgr		2800	28/06 /2021		
	HP5Tr ack3	477374 5,725	204258 4,387	477389 0,154	204274 6,959	720	Bgr, Pf, Pl, RyTa		986	28/06 /2021		
							Picaleña sector rural-Buenos Aires	Ibagué				

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO TRANSECTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA	BIOMA	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	FECHA
		COORDENADA DE INICIO		COORDENADA FINAL								
		E	N	E	N							
	HP6Tr ack1	477038 7,220	203752 0,868	477038 8,869	477038 8,869	759	Buenos Aires	Bgr, Pa, RyTa		1700	30/06/2021	
	HP6Tr ack2	477039 5,684	203754 0,733	477039 5,428	203754 5,923	751		Bgr, Pa, RyTa		1000	30/06/2021	
	HP6Tr ack3	477042 4,243	203757 7,780	477040 5,605	203753 1,892	746		Bgr, Pa, RyTa		1000	1/07/2021	
	HP6Tr ack4	477040 5,318	203752 2,283	477041 1,639	203752 7,335	748		Bgr, Pa, Pl, RyTa		2200	1/07/2021	

**Coberturas:** (Vsa) Vegetación secundaria alta, (Vsb) Vegetación secundaria baja, (Pa) Pastos arbolados, (Pl) Pastos limpios) (Pe) Pastos enmalezados, (Pf) Plantación forestal, (Bgr) Bosque de galería y ripario, (Ad) Arbustal denso, (RvTa) Red vial y territorios asociados, (Zi) Zonas industriales, (Tdd) Tierras desnudas y degradadas, (Tuc) Tejido urbano continuo, (Arr) Arroz, (Cñ) Caña, (Oct) Otros cultivos transitorios, (CaA) Cuerpos de agua artificiales, (VaCa) Vegetación asociada a cuerpos de agua. Bioma: (Os-C) Orobioma Subandino Chaparral, (H-C) Hidrobioma Chaparral, (Zat-TG) Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande.

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

### 33. Aves

#### 33.1. Captura con redes de niebla

En el área de influencia del proyecto se emplearon en total 18 redes de niebla estándar (12x2.5m, 32mm de ojo de malla). Estas redes eran sostenidas por varillas de aluminio y se abrieron en línea; operándolas durante una sesión de 7 horas/día (06:00-11:00 horas y 15:30-17:30 horas) para un total de 91 horas efectivas de muestreo. Las redes fueron instaladas en diferentes coberturas vegetales y dependiendo del nivel de tránsito de las aves, se dispusieron de forma consecutiva o interrumpida, de acuerdo con los casos en que se tuviera más de un tipo de cobertura vegetal por sitio de muestreo o que se observara mayor afluencia de aves en puntos alejados entre sí (Figura 2.5-68).



**Figura 2.5-68 Captura de aves con redes de niebla**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

Los lugares más idóneos para la instalación de las redes de niebla fueron el interior y en los bordes de los bosques de galería, los cuales constituyen ecotonos o zonas de transición por las cuales hay tránsito permanente de aves durante las actividades de forrajeo y alimentación. En un punto equidistante de las redes, se estableció el lugar de espera y toma de datos. Una vez se tenían las aves en este sitio, se les asignó prioridad de liberación de acuerdo con sus características, primero colibríes, luego aves pequeñas y de difícil extracción de la red y finalmente aves grandes extraídas de la red sin dificultad.

Los individuos capturados fueron depositados en bolsas de tela y posteriormente fueron determinados hasta el nivel de especie, mediante el reconocimiento de sus patrones de forma y color, y comparación con las ilustraciones y descripciones del libro Guía de las aves de Colombia y la Guía de Campo de las Aves de Colombia. Por otra parte, se tomaron datos en fichas de campo con los siguientes atributos: localidad, coordenadas, altitud, fecha, número de captura, determinación taxonómica.

### 33.2. Transectos de observación

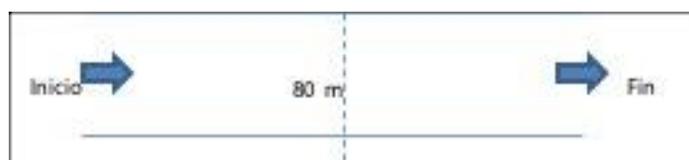
Se seleccionaron los sitios o estaciones de muestreo teniendo en cuenta criterios como, los tipos de coberturas vegetales presentes en el área y su representatividad aproximada en términos de porcentaje según cartografía, cuerpos de agua y hábitats potenciales para los diferentes grupos de aves presentes en la zona, Figura 2.5-69.



**Figura 2.5-69 Observación de aves en los transectos**  
**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

Se establecieron un total de 24 transectos, los cuales eran de ancho variable (Figura 2.5-70). Estos recorridos se hicieron durante los picos de actividad del grupo Aves (6:00 a 11:00 y 15:00 a 18:00). Es preciso aclarar que estos transectos se realizaron durante los 12 días efectivos de campo y las coberturas presentes en cada una de las estaciones de muestreo estipuladas, se abarcaron de manera equitativa; realizando así un esfuerzo de muestreo de 24 horas/hombre, para un total aproximado de 288 horas efectivas. En el recorrido se identificó la mayor cantidad de aves posible por medio de detección visual

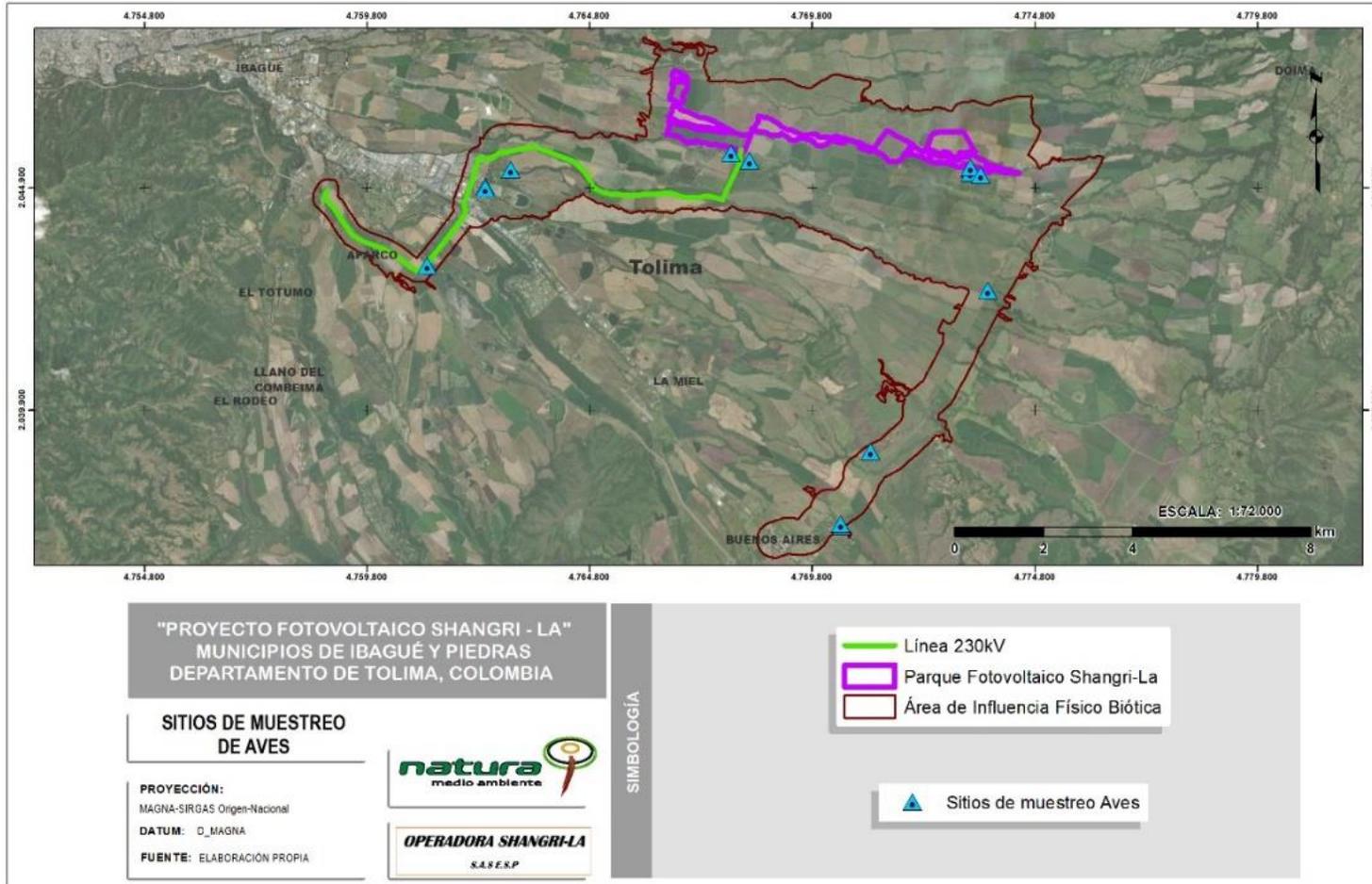
y/o auditiva (Figura 2.5-69). Las especies e individuos registrados se anotaron de forma digital empleando la plataforma de Fulcrum así como datos de abundancias, estratificación vertical, horizontal y actividad que el ejemplar se encontraba realizando. En la Tabla 2.5-59 y Tabla 2.5-60 se presentan las coordenadas de los transectos realizados y las redes de niebla instaladas, respectivamente.



**Figura 2.5-70 Esquema de transecto de aves realizado en el AIB del EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

Figura 2.5-71 Mapas de los sitios de muestreo del grupo Aves en el AIB del EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La



Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

**Tabla 2.5-59 Transectos de observación de aves en el AIB del EIA Proyecto Fotovoltaico Shangri-La**

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO TRANSECTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA	BIOMA	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	FECHA
		COORDENADA DE INICIO		COORDENADA FINAL								
		E	N	E	N							
Aves	Track 1 P1	4761203,8 81	2043237,9 06	4761210,2 17	2043238,2 22	944,5	Aparco	Ibagué	Vsa, Bgr, RvTa, Vsb	OSC	1600	19/06/2021
	Track 1 P2	4763449,3 94	2045345,6 17	4763354,6 56	2045753,7 56	935	Picaleña sector rural		A, Bgr, PI, RvTa, Vsb, Pa		5900	20/06/2021
	Track 1 P3	4762478,6 93	2044931,7 28	4768295,1 30	2045564,3 90	930	Picaleña sector rural		Caa, RvTa, A, Vsb, Bgr, Pa, Zi, Vsa, PI	HC, OSC, ZAT-TG	5900	22/06/2021
	Track 1 P4	4768403,6 26	2045500,5 18	4773430,8 73	2045224,1 51	777,5	Estación Doima	Ibagué	Eac, Bgr, Pa, Pe, A, Vsa	ZAT-TG	5000	24/06/2021
	Track 1 P5	4773416,4 21	2045233,5 44	4773882,0 88	2042746,1 57	710	Picaleña sector rural - Buenos Aires		Bgr, Cñ, Pa, A, PI, RvTa		2600	26/06/2021
	Track 1 P6	4771976,4 23	2039596,9 22	4772128,4 70	2039445,5 05	712	Buenos Aires	PI	415	29/06/2021		
	Track 2 P1	4761630,6 65	2042996,6 78	4761210,8 42	2043232,3 62	943,5	Aparco	Ibagué	Vsa, Bgr, Zi, PI, RvTa	OSC	1600	20/06/2021
	Track 2 P2	4762990,5 24	2045613,1 87	4762683,6 71	2045630,7 41	936,5			RvTa, Vsb, Bgr		308	21/06/2021

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO TRANSECTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA	BIOMA	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	FECHA
		COORDENADA DE INICIO		COORDENADA FINAL								
		E	N	E	N							
	Track 2 P3	4768321,946	2045567,307	4768755,133	2046893,384	812,5	Picaleña a sector rural		RvTa, Pa, Zi, A, Pl, Oct, Bgr, Vsa	ZAT-TG	1400	23/06/2021
	Track 2 P4	4774492,278	2045393,713	4773389,305	2045231,503	715,5	Estación Doima	Piedras	Bgr, Pl, Pa, A		1100	25/06/2021
	Track 2 P5	4774553,104	2044086,858	4773901,087	2042816,054	711,5	Picaleña a sector rural - Buenos Aires		Bgr, A, Pl, Cñ, Pa, RvTa		3200	27/06/2021
	Track 2 P6	4771880,790	2039298,773	4772128,470	2039445,505	716,5	Buenos Aires	Ibagué	Pl, Vsa	OSC	844	29/06/2021
	Track 3 P1	4761085,471	2043181,351	4761206,958	2043252,851	942	Aparco		Vsa, Bgr, Zi, Pl, RvTa		1600	20/06/2021
	Track 3 P2	4763023,098	2045307,598	4763004,082	2045644,205	925,5	Picaleña a sector rural		Vsb, Bgr		339	21/06/2021
	P3TRACK3	4768048,428	2045626,636	4768139,771	2045751,631	821,5			Bgr, Zi, Pa, RvTa, Pe		4000	24/06/2021
	Track 3 P4	4773424,941	2045221,675	4773423,200	2045221,077	723	Estación Doima	Piedras	Pa	ZAT-TG	2	25/06/2021
	Track 3 P5	4773893,597	2042777,949	4773893,239	2042770,756	704,5	Picaleña a sector rural -	Ibagué	Cñ, RvTa, Bgr			2800

## Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO TRANSECTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA	BIOMA	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	FECHA
		COORDENADA DE INICIO		COORDENADA FINAL								
		E	N	E	N							
							Buenos Aires					
	Track 3 P6	4773733,603	2042582,704	4770182,252	2037715,137	722,5	Buenos Aires		Pl, RvTa, A, Bgr, Vsa, Pe, Tdd, Pa, Ad		8800	30/06/2021
	Track 4 P2	4762411,983	2044858,599	4762419,273	2044906,224	950,5	Picañeña sector rural		RvTa, Pl, Vsa	OSC	49	22/06/2021
	Track 4 P6	4770366,754	2037513,816	4770361,729	2037530,530	731,5	Buenos Aires		RvTa, Pa, Bgr	ZAT-TG	2900	1/07/2021
	TRACK 1	4768922,689	2036998,575	4762332,799	2044635,827	809	Picañeña sector rural - Estación Doima - Buenos Aires	Ibagué - Piedras	Pl, Caa, Eac, Tud, Bgr, RvTa, A, Vsb, Pa, Pe, Oem, Vsa, Zi, Pf	HTG, OSC, ZAT-TG	26641	19/06/2021

**Coberturas:** (Vsb) Vegetación secundaria baja, (Bgr) Bosque de galería y ripario, (RvTa) Red vial y territorios asociados, (Vsa) Vegetación secundaria alta, (A) Arroz, (Pl) Pastos limpios, (Pa) Pastos arbolados, (Caa) Cuerpos de agua artificiales, (Zi) Zonas industriales, (Eac) Estanques para acuicultura continental, (Pe) Pastos enmalezados, (Cñ) Caña, (Oct) Otros cultivos transitorios, (Tdd) Tierras desnudas y degradadas, (Ad) Arbustal denso, (Tud) Tejido urbano discontinuo, (Oem) Otras explotaciones mineras, (Pf) Plantación forestal.

**Biomos:** (OSC) Orobioma Subandino Chaparral, (HC) Hidrobioma Chaparral, (ZAT-TG) Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande, (HTG) Hidrobioma Tolima Grande. **FUENTE.** OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

Ibagué y Piedras (Tolima)

Tabla 2.5-60 Puntos de muestreo del grupo Aves en el AIB del EIA del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO PUNTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA ASOCIADA AL PUNTO	BIOMA	FECHA
		E	N						
Redes de niebla Aves	RED1P1	4761207,685	2043237,895	955	Aparco	Ibagué	Vegetación secundaria alta	Orobioma Subandino Tropical	20/06/2021
	RED1P3	4768396,726	2045501,279	815	Picaleña sector rural		Pastos arbolados	Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande	24/06/2021
	RED1P4	4773358,827	2045229,464	724	Estación Doima	Arroz	25/06/2021		
	RED1P5	4773913,971	2042765,160	708	Picaleña sector rural	Plantación forestal	28/06/2021		
	RED1P6	4770472,878	2037277,865	727	Buenos Aires	Bosque de galería y ripario	30/06/2021		
	RED2P1	4761207,685	2043237,895	955	Aparco	Ibagué	Vegetación secundaria alta	Orobioma Subandino Tropical	20/06/2021
	RED2P3	4768362,422	2045498,613	819	Picaleña sector rural		Bosque de galería y ripario	24/06/2021	
	RED2P4	4773353,958	2045353,418	720	Estación Doima	Piedras	Cuerpos de agua artificiales	Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande	25/06/2021
	RED2P5	4773747,144	2042592,696	702	Buenos Aires	Ibagué	Bosque de galería y ripario	Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande	28/06/2021
	RED2P6	4770442,723	2037330,799	719	Buenos Aires		Pastos arbolados		30/06/2021
	RED3P1	4761303,214	2043072,429	949	Aparco		Bosque de galería y ripario	Orobioma Subandino Tropical	20/06/2021

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO PUNTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA ASOCIADA AL PUNTO	BIOMA	FECHA
		E	N						
	RED3P3	4768254,778	2045577,967	822	Picaleña sector rural		Bosque de galería y ripario	Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande	24/06/2021
	RED3P4	4773596,638	2045185,803	720	Estación Doima	Piedras	Arroz		26/06/2021
Puntos de Observación Aves	POA1	4761148,506	2043152,040	949	Aparco	Ibagué	Red vial y territorios asociados	Orobioma Subandino Tropical	20/06/2021
	POA2	4762460,094	2044884,235	945	Picaleña sector rural		Estanques para acuicultura continental	Orobioma Subandino Tropical	22/06/2021

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

#### 34. Mamíferos

Para la caracterización del grupo de los mamíferos, se emplearon técnicas de registro directo a través de metodologías de observación y captura. Se realizaron transectos de observación y se establecieron estaciones de muestreo en las cuales fueron instaladas redes niebla, trampas Sherman, trampas Tomahawk y cámaras trampa. A continuación, se describen las metodologías empleadas.

##### 34.1. Transectos

Se establecieron 21 transectos en total, con un esfuerzo de muestreo de 24 horas/hombre por cobertura vegetal, para un total aproximado de 312 horas efectivas. Este método consistió en caminar de forma constante, en transectos que abarcan las diferentes coberturas vegetales, durante los cuales se observó y tomó registro escrito y fotográfico de individuos, heces, hozaderos, huellas, marcas en árboles, comederos y pasaderos, entre otras evidencias (D.2. Biótico – D.2.3 Fauna). La identificación de huellas e indicios se realizó según la experiencia del profesional asignado, el conocimiento del baquiano y el apoyo de las guías especializadas de Aranda (2000), Reid (2009) y Aranda (2012). Toda la información colectada se consignó en libretas de campo y posteriormente se digitalizó mediante la plataforma Fulcrum.

##### 34.2. Redes de niebla para mamíferos voladores

En el área de influencia del proyecto se instalaron en total 20 redes de niebla (12x2.5m, 32mm de ojo de malla); las cuales se abrieron en línea a partir de las 17:30 horas y se cerraron a las 22:30 horas (Figura 2.5-72). De esta manera se operaron 36 metros de red por día, durante los 12 días efectivos de campo. Las redes se revisaron regularmente para verificar la captura de individuos y la ubicación de estas se definió de acuerdo con su orientación con respecto a la vegetación, la disponibilidad de recursos tales como (flores, frutos, cuerpos de agua), y la presencia de bordes entre vegetación de estructura contrastante, entre otras. Todos los individuos capturados fueron fotografiados y liberados en el mismo lugar de captura. La totalidad de especies fueron determinadas

en campo, según la experiencia del profesional asignado y el apoyo de las guías especializadas de:

- 34.2.1. Timm, LaVal y Rodríguez-Herrera (2000). Clave de campo para los murciélagos de Costa Rica.
- 34.2.2. Muñoz-Arango (2001). Los murciélagos de Colombia: sistemática, distribución, descripción, historia natural y ecología.
- 34.2.3. María (2004). Quirópteros, Museo La Salle.
- 34.2.4. Aguirre, Vargas y Solari (2009). Clave de campo para la identificación de los murciélagos de Bolivia.
- 34.2.5. Díaz, Aguirre y Barquez (2011). Clave de identificación de los murciélagos del cono sur de Sudamérica.
- 34.2.6. Díaz, Solari, Aguiar y Barquez (2016). Clave de identificación de los Murciélagos de Sudamérica.



**Figura 2.5-72 Redes de niebla para la captura de mamíferos voladores**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

### 34.3. Trampas Sherman para pequeños mamíferos

En el área de influencia del proyecto se instaló un total de 65 trampas Sherman, estas tenían un tamaño de 38x10,5 cm (Figura 2.5-73) y mantenían una distancia entre sí de 10 metros. Es válido aclarar que se trabajó en seis estaciones de monitoreo, por lo que

las trampas estuvieron activas durante seis noches en total. Se utilizó un cebo de avena en hojuelas con manteca y esencia de vainilla. La ubicación de las trampas Sherman se definió de acuerdo disponibilidad de recursos alimenticios, cuerpos de agua y bordes entre vegetación de estructura contrastante, y sobre árboles, entre otros lugares, donde la probabilidad de captura es mayor, por ser sitios de tránsito o actividad de este grupo de animales.

Todos los individuos capturados u observados fueron fotografiados para su evidencia y posterior identificación, según la experiencia del profesional asignado y con el apoyo de las guías de Cuartas-Calle y Muñoz (2003), Reid (2009), Weksler y Percequillo (2011), Rossi et al. (2010) y Patton et al. (2015). Todos los individuos capturados fueron liberados en el mismo lugar de su captura, ya que la totalidad de especies fueron determinadas en campo.



**Figura 2.5-73 Instalación de Trampas Sherman**  
**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

#### 34.4. Trampas Tomahawk para mamíferos medianos

En el área de influencia del proyecto se instalaron en total 12 trampas Tomahawk, las cuales se usaron para la captura de mamíferos medianos. Como se mencionó con anterioridad se trabajó en seis estaciones de monitoreo, por lo cual las trampas estuvieron activas seis noches. Además, los cebos empleados fueron comida húmeda

para gato, marca Chunky y fruta (banano y manzana). Las trampas Tomahawk se situaron buscando lugares propicios donde podrían circular los animales (ej. lugares con bastante vegetación, cercano a senderos). Todas las trampas fueron revisadas al día siguiente de ser instaladas, entre las 6:30 a las 9:30 (Figura 2.5-74).

Los individuos colectados se registraron fotográficamente y se consignaron los datos en libreta de campo, tales como: medidas externas e información morfológica del ejemplar, masa corporal, huellas, edad, posición de las mamas, datos de reproducción. Estas observaciones brindan información específica para la identificación taxonómica del animal. Las medidas se tomaron con ayuda de un calibrador de precisión 0,1 mm. Los animales determinados en campo fueron posteriormente liberados en la zona de muestreo.



**Figura 2.5-74 Instalación de trampas Tomahawk**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

#### 34.5. Fototrampeo

Se instalaron trampas-cámara y se empleó un muestreo oportunista en cuanto a ubicación de estas (Maffei et al., 2002), colocándolas en senderos y puntos favorecidos por las especies de interés como quebradas y/o pasaderos. Cada trampa-cámara se programó para un monitoreo continuo de 24 horas por día (Figura 2.5-75).

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 2.5-75 Instalación de Cámaras trampa**

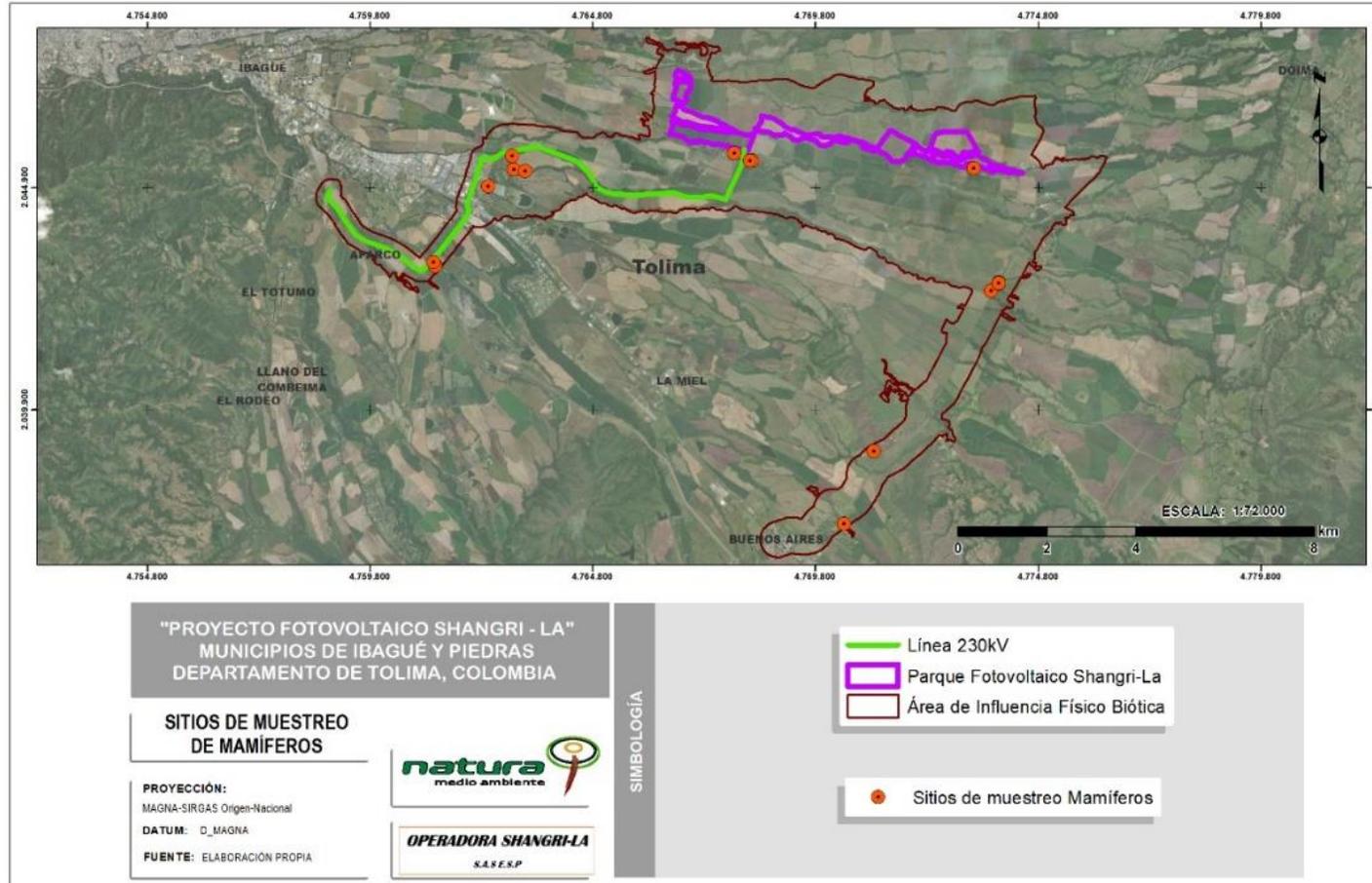
**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

34.6. Sitios de muestreo

y Tabla 2.5-62

En la Figura 2.5-76 se presenta la localización espacial de los transectos y puntos de captura activa realizados para la caracterización de los mamíferos presentes en el área objeto de licenciamiento y su área de influencia. En la Tabla 2.5-61 y Tabla 2.5-62 se presentan las coordenadas de los transectos realizados, trampas-cámara, trampas Tomahawk, trampas Sherman y las redes de niebla instaladas.

Figura 2.5-76 Mapas de los sitios de muestreo del grupo Mamíferos en el AIB del EIA Proyecto Shangri-La



Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

**Tabla 2.5-61 Transectos de observación de mamíferos en el EIA del "Proyecto Fotovoltaico Shangri-La".**

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO TRANSECTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA	BIOMAS	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	FECHA
		COORDENADA DE INICIO		COORDENADA FINAL								
		E	N	E	N							
Mamíferos	P1TRACK1	4761200,503	2043240,696	4761210,621	2043233,151	963	Aparco	Ibagué	Vsa, RvTa, Bgr	Os-C	1300	19/06/2021
	P1TRACK2	4761204,278	2043233,836	4761199,510	2043235,370	944,5			Vsa, RvTa, Bgr, Arr, Pe		2900	20/06/2021
	P1TRACK3	4761535,603	2043075,348	4761237,422	2043132,785	950			RvTa, Vsa, Zi, Pl		1500	
	P2TRACK1	4763043,388	2045612,841	4763357,116	2045758,633	934	Picalaña sector rural	Ibagué	Arr, Bgr, Pa, Vsb, RvTa, Pl	Os-C	7300	21/06/2021
	P2TRACK2	4762687,708	2045627,263	4763283,596	2045263,478	946			RvTa, Vsb, Bgr, Arr, Pa		2200	
	P2TRACK3	4762416,817	2044896,370	4762996,089	2045646,535	958			Vsb, CaA, Vsa, Vsb, RvTa, Pl		Os-C - H-C	2600
	P2TRACK4	4762455,966	2044888,315	4762418,032	2044901,714	952	RvTa, Vsa, Vsb	Os-C	535			
	P3TRACK1	4767707,889	2045798,835	4768128,174	2045739,133	873,5	Picalaña sector rural	Ibagué	Bgr, RvTa, Pa, Zi	Os-C	8300	23/06/2021
	P3TRACK2	4768212,874	2046922,985	4768486,787	2046280,511	823			Arr, Vsa, RvTa, Bgr, Vsb, Oct, Pa, Zi, Pe, Pl, VaCa		Zat-TG	

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO TRANSECTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA	BIOMA	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	FECHA	
		COORDENADA DE INICIO		COORDENADA FINAL									
		E	N	E	N								
	P3TRACK3	4768048,4 28	2045626,6 36	4768139,7 71	2045751,6 31	821,5			Bgr, Zi, Pa, RvTa, Pe		4000	24/06/20	
	P3TRACK4	4768346,6 48	2045595,6 15	4768029,4 09	2045680,8 86	830			Bgr, Zi, Pa		1900	21	
	P4TRACK1	4773426,8 33	2045304,5 56	4773348,2 02	2045238,6 96	765,5	Estación Doima	Piedras	Bgr, CaA, Pa, Arr, Pl, Vsb, Vsa		9500	25/06/20	
	P4TRACK2	4773212,4 91	2045215,8 90	4773710,9 09	2045140,9 33	724			Pa, Vsa, Arr, CaA, Bgr		2500	21	
	P4TRACK3	4773369,8 70	2045358,9 44	4773394,2 57	2045341,1 49	722,5			Bgr, CaA, Pa, Arr, Vsa		1900	26/06/20	21
	P5TRACK1	4773967,3 68	2042933,8 37	4774595,7 91	2042888,5 64	707,5	Picaleña sector rural- Buenos Aires	Ibagué	Ca, RvTa, Bgr		6400	27/06/20	
	P5TRACK2	4773949,2 50	2042780,9 39	4773745,3 98	2042518,7 76	710,5			RvTa, Bgr, Ca, Pf, Pl		3000	21	
	P5TRACK3	4773744,9 20	2042589,1 25	4773800,5 81	2042649,6 28	706,5			Bgr, RvTa		1300	28/06/20	21
	P5TRACK4	4774569,2 58	2042883,7 71	4773745,7 71	2042498,3 04	706			RvTa, Bgr, Ca, Pl		2500	21	
	P6TRACK1	4770465,2 28	2037317,8 01	4770536,6 93	2037249,7 31	732	Buenos Aires		Pa, Bgr, RvTa		2500	30/06/20	
	P6TRACK2	4771613,5 80	2038956,4 43	4770483,4 29	2037278,7 53	734			Pa, RvTa, Pl, Arr, Bgr, Tdd, Ad, Pe		7700		21

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO TRANSECTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA	BIOMA	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	FECHA
		COORDENADA DE INICIO		COORDENADA FINAL								
		E	N	E	N							
	P6TRACK3	4771269,735	2038982,959	4770464,561	2037325,689	736,5			Ad, Vsa, Pl, Tdd, RvTa, Bgr, Arr, Pa		5100	01/07/2021

**Coberturas:** (Vsa) Vegetación secundaria alta, (Vsb) Vegetación secundaria baja, (Pa) Pastos arbolados, (Pl) Pastos limpios (Pe) Pastos enmalezados, (Pf) Plantación forestal, (Bgr) Bosque de galería y ripario, (Ad) Arbustal denso, (RvTa) Red vial y territorios asociados, (Zi) Zonas industriales, (Tdd) Tierras desnudas y degradadas, (Arr) Arroz, (Ca) Caña, (Oct) Otros cultivos transitorios, (CaA) Cuerpos de agua artificiales, (VaCa) Vegetación asociada a cuerpos de agua. **Bioma:** (Os-C) Orobioma Subandino Chaparral, (H-C) Hidrobioma Chaparral, (Zat-TG) Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande. **Fuente:** OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

**Tabla 2.5-62 Puntos de captura activa de mamíferos en el EIA del "Proyecto Fotovoltaico Shangri-La".**

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO PUNTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA ASOCIADA AL PUNTO	BIOMA	FECHA
		E	N						
Cámaras trampa	P1CAM1	4761294,297	2043096,783	941	Aparco		Bosque de galería y ripario	Os-C	20/06/2021
	P1CAM2	4761354,459	2043061,559	947					
	P1CAM3	4761465,503	2043005,623	936					
	P2CAM1	4762433,859	2044906,090	949	Picaleña sector rural	Ibagué	Vegetación secundaria baja	Os-C	22/06/2021
	P2CAM2	4762488,787	2044940,983	947					
	P2CAM3	4762457,774	2044886,114	947			Vegetación secundaria alta		
	P3CAM1	4768333,908	2045500,788	817					
	P3CAM2	4768451,844	2045449,272	814			Bosque de galería y ripario		
	P3CAM3	4767984,154	2045674,035	824					
P4CAM1	4773356,232	2045334,952	740	Estación Doima	Piedras	Cuerpos de agua artificiales	Zat-TG	25/06/2021	

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO PUNTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA ASOCIADA AL PUNTO	BIOMA	FECHA	
		E	N							
	P4CAM2	4773405,874	2045307,060	726			Bosque de galería y ripario			
	P4CAM3	4773215,861	2045216,919	729			Pastos arbolados			
	P5CAM1	4773811,242	2042615,625	712	Buenos Aires	Ibagué	Bosque de galería y ripario			
	P5CAM2	4773826,188	2042642,126	709						
	P5CAM3	4773850,293	2042691,372	708	Picaleña sector rural					
	P6CAM1	4771267,065	2038935,267	742	Buenos Aires		Vegetación secundaria alta			
	P6CAM2	4771239,781	2038982,883	755			Arbustal denso			
	P6CAM3	4771116,768	2038967,742	743						
Redes de niebla	P1RED1	4761267,737	2043164,524	945	Aparco		Ibagué	Red vial y territorios asociados	Os-C	19/06/2021
	P1RED2	4761254,344	2043136,147	942				Vegetación secundaria alta		
	P1RED3	4761234,912	2043133,664	943		Red vial y territorios asociados				
	P1RED4	4761227,826	2043218,486	948		20/06/2021				
	P1RED5	4761242,911	2043136,403	946	Picaleña sector rural	Vegetación secundaria baja		21/06/2021		
	P2RED1	4763002,051	2045435,415	935		Vegetación secundaria alta				
	P2RED2	4763025,305	2045301,892	932		Picaleña sector rural		Vegetación secundaria alta		
	P2RED3	4762992,235	2045613,015	930						
	P2RED4	4762460,347	2044933,660	949				Pastos arbolados	Zat-TG	
	P2RED5	4762462,130	2044935,638	951						
	P2RED6	4762494,266	2044918,298	948	814	24/06/2021				
	P3RED1	4768387,294	2045501,194	814						
	P3RED2	4768405,821	2045500,373	814						

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO PUNTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA ASOCIADA AL PUNTO	BIOMA	FECHA
		E	N						
	P3RED3	4768349,131	2045505,833	809			Bosque de galería y ripario		
	P3RED4	4768240,805	2045580,768	820					
	P3RED5	4768255,559	2045580,949	820					
	P5RED1	4773745,558	2042580,978	718	Buenos Aires	Bosque de galería y ripario	27/06/2021		
	P5RED2	4773925,284	2042762,145	710	Picalaña sector rural	Red vial y territorios asociados			
	P5RED3	4773919,425	2042728,438	709		Bosque de galería y ripario	28/06/2021		
	P5RED4	4773858,500	2042729,818	712					
Trampas Sherman	P1TS1	4761470,417	2042977,304	946	Aparco	Ibagué	Bosque de galería y ripario	Os-C	19/06/2020
	P1TS2	4761273,240	2043107,789	945					
	P1TS3	4761269,624	2043125,047	942					
	P1TS4	4761271,049	2043119,074	940					
	P1TS5	4761279,575	2043111,089	941					
	P1TS6	4761277,334	2043105,015	942					
	P1TS7	4761256,860	2043163,675	940			Vegetación secundaria alta		
	P1TS8	4761282,109	2043106,104	940			Bosque de galería y ripario		
	P1TS9	4761285,866	2043099,013	943					
	P1TS10	4761285,723	2043087,957	940					
	P1TS11	4761386,079	2043058,483	950					
	P1TS12	4761402,162	2043054,897	946					
	P1TS13	4761434,179	2043034,462	938					
	P1TS14	4761453,998	2043019,586	937					
	P1TS15	4761457,976	2043011,947	936					

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO PUNTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA ASOCIADA AL PUNTO	BIOMA	FECHA
		E	N						
	P1TS16	4761470,039	2043001,078	936					
	P1TS17	4761269,489	2043116,975	936					
	P1TS18	4761470,844	2042970,667	936					
	P1TS19	4761469,125	2042951,988	938					
	P1TS20	4761543,597	2042953,100	936					
	P2TS1	4763292,235	2045307,874	929	Picalaña sector rural		Pastos arbolados	Os-C	21/06/2021
	P2TS2	4763290,786	2045305,441	928					
	P2TS3	4763302,755	2045301,208	926					
	P2TS4	4763301,748	2045297,226	928					
	P2TS5	4763303,990	2045306,728	928					
	P2TS6	4763302,793	2045314,479	929					
	P2TS7	4763304,486	2045324,085	928					
	P2TS8	4763321,098	2045310,553	925					
	P2TS9	4763327,533	2045309,645	925					
	P2TS10	4763307,085	2045302,632	927					
	P3TS1	4768246,246	2045583,960	820					
	P3TS2	4768254,465	2045585,707	821					
	P3TS3	4768262,798	2045588,556	819					
	P3TS4	4767969,476	2045664,567	820					
	P3TS5	4767969,808	2045663,464	820				24/06/2021	
	P4TS1	4773374,600	2045313,336	723	Estación Doima	Piedras	Bosque de galería y ripario		Zat-TG
	P4TS2	4773383,249	2045312,543	720					
	P4TS3	4773381,928	2045316,198	720					
	P4TS4	4773391,451	2045308,647	721					
	P4TS5	4773399,976	2045300,005	723					
	P4TS6	4773393,190	2045294,825	725					
	P4TS7	4773405,858	2045301,314	725					

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO PUNTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA ASOCIADA AL PUNTO	BIOMA	FECHA
		E	N						
	P4TS8	4773419,942	2045298,181	726	Buenos Aires	Ibagué			27/06/2021
	P4TS9	4773407,778	2045312,587	724					
	P4TS10	4773356,761	2045324,228	727					
	P5TS1	4773806,606	2042583,684	712					
	P5TS2	4773799,008	2042604,936	714					
	P5TS3	4773788,456	2042600,211	716					
	P5TS4	4773794,965	2042589,137	713					
	P5TS5	4773795,721	2042579,516	713					
	P5TS6	4773832,040	2042632,157	706					
	P5TS7	4773822,725	2042634,286	708					
	P5TS8	4773834,121	2042662,001	709					
	P5TS9	4773836,575	2042664,979	707					
	P5TS10	4773835,481	2042632,148	712					
	P6TS1	4770404,190	2037364,851	728					
	P6TS2	4770401,636	2037362,866	730					
	P6TS3	4770392,223	2037370,185	730					
	P6TS4	4770422,238	2037388,786	728					
	P6TS5	4770448,654	2037349,800	732					
	P6TS6	4770536,731	2037249,944	730					
	P6TS7	4770423,064	2037326,868	729					
P6TS8	4770404,728	2037357,436	727						
P6TS9	4770420,227	2037384,593	731						
P6TS10	4770436,044	2037406,004	730						
Trampas Tomahawk	P1TT1	4761251,531	2043125,432	945	Aparco	Ibagué	Bosque de galería y ripario	Os-C	19/06/2021

Ibagué y Piedras (Tolima)

GRUPO TAXONÓMICO	CÓDIGO PUNTO	DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		ALTITUD (m.s.n.m.)	VEREDA	MUNICIPIO	COBERTURA ASOCIADA AL PUNTO	BIOMA	FECHA
		E	N						
	P1TT2	4761253,203	2043166,448	941			Vegetación secundaria alta		
	P2TT1	4762983,552	2045332,966	936	Picaleña sector rural		Vegetación secundaria baja	Zat-TG	21/06/2021
	P2TT2	4763289,556	2045265,750	927		Pastos arbolados			
	P3TT1	4768441,329	2045457,921	872					
	P3TT2	4767971,345	2045657,704	828					23/06/2021
	P4TT1	4773373,247	2045348,945	727	Estación Doima	Piedras	Bosque de galería y ripario		25/06/2021
	P4TT2	4773374,636	2045326,273	723					
	P5TT1	4773806,004	2042605,028	710	Buenos Aires	Ibagué	Bosque de galería y ripario		27/06/2021
	P5TT2	4773797,050	2042579,290	708					
	P6TT1	4770383,630	2037436,109	730				Pastos arbolados	30/06/2021
	P6TT2	4770345,457	2037437,983	732					
Punto de observación	P5OBS1	4773915,257	2042748,791	711	Picaleña sector rural		Bosque de galería y ripario		28/06/2021

**Bioma:** (Os-C) Orobioma Subandino Chaparral, (Zat-TG) Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima Grande

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

#### 2.5.4.1.4.1.3 Fase post campo

Con la información obtenida en campo se llevó a cabo un análisis teniendo en cuenta los ítems propuestos por los requerimientos de la autoridad ambiental presentados en los términos de referencia HI-TER-1-03 (MADS, 2010).

#### 35. Representatividad del muestreo

Este ítem incluye una comparación de los resultados obtenidos con el ámbito regional, para con ello es necesario establecer el porcentaje de especies registradas frente a las especies potenciales presentes en la región. También se presenta una curva de acumulación de especies (indica que tan eficaz fue el muestreo), que evalúa el esfuerzo de muestreo por la acumulación de especies por unidad muestral (día de observación/captura en campo). El cálculo de los estimadores, y el modelo matemático para la curva de rarefacción, se realiza con el software EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013) o el software PAST v.2.17c (Hammer et al., 2001). Igualmente se presenta el esfuerzo de muestreo realizado para cada uno de los métodos empleados en la caracterización (Anexo D.2.BIÓTICO – D2.3 Fauna).

#### 36. Composición y estructura de las comunidades de fauna silvestre

Incluye la diversidad de especies reportadas en el muestreo en el área de influencia del proyecto. Las especies son agrupadas de acuerdo con su clasificación taxonómica, incluyendo datos ecológicos tomados de la revisión de información secundaria y evaluada durante la fase de campo como distribución altitudinal, hábitos de vida, periodo de actividad, grupo de dieta, cobertura vegetal donde fueron registradas y los diferentes tipos de registro en campo. La estructura de cada grupo faunístico es analizada y mostrada mediante graficas de riqueza y abundancia a nivel de órdenes y familias taxonómicas, analizando los taxones con mayores valores para cada grupo faunístico (Anexo D.2.BIÓTICO – D2.3 Fauna).

### 37. Diversidad

Con los datos de la caracterización para cada grupo faunístico se elaboran matrices, con las cuales se calculan índices de diversidad alfa y beta con el uso del software EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013) o el software PAST v.2.17c (Hammer et al., 2001):

- 37.1. Riqueza de especies (S): corresponde al número de especies registradas.
- 37.2. Abundancia: corresponde al número de individuos registrados por especie.
- 37.3. Índice de Simpson (D): calcula la uniformidad de una comunidad, presentándose como el valor inverso a la dominancia.
- 37.4. Índice de Shannon (H): Indica que tan uniformes están representadas las especies (abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas.
- 37.5. Índice de similaridad de Jaccard: Relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas, calculando el grado de recambio de especies entre pares de muestras o diversidad beta. Este índice se graficó a manera de dendrograma mediante un análisis de clúster o agrupamiento, el cual ubica el índice a manera de distancias entre las muestras.

#### 37.5.1. Diversidad especies de interés

Incluye las especies endémicas, amenazadas o con restricción de comercio. Se establecen las diferentes categorías de las especies a nivel internacional, basándose en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2020) y la lista roja de la UICN a nivel internacional (UICN, 2016). A nivel nacional, según los libros rojos y la Resolución 1912 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2017). En cuanto a las vedas, se tienen en cuenta las resoluciones expedidas por el INDERENA en los años 60 y 70.

También se incluye en el documento las especies de importancia ecológica y económica, encontrando en las primeras aquellas denotadas como indicadoras, sombrilla, entre otras, basado en la literatura especializada. Se toman en cuenta igualmente a aquellas especies que realizan movimientos migratorios y sus posibles corredores y/o rutas migratorias en

la región del área de estudio, de acuerdo al Plan Nacional de Especies Migratorias (Naranjo y Amaya, 2009), la Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia, Aves (Naranjo et al., 2012) y la Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia, Insectos, murciélagos, tortugas marinas, mamíferos marinos y dulceacuícolas (Amaya-Espinel y Zapata, 2014).

### 38. Redes ecológicas de las especies registradas

Se determina la asociación de la fauna silvestre a las coberturas vegetales y sus interacciones en términos de ofertas de refugio, alimento y de hábitat, teniendo en cuenta la riqueza y abundancia encontrada en cada una de las coberturas vegetales muestreadas, de acuerdo con el estado actual de intervención en cada una de estas, complementando con información secundaria.

Se determinan las principales cadenas tróficas, los hábitos de vida y los periodos de actividad de las especies registradas. Para la caracterización de la organización trófica, se realiza el cálculo de especies equivalentes para cada uno de los tipos de recursos consumidos. Se hace el análisis a nivel de especies equivalentes (Stiles y Rosselli, 1998), ya que las especies generalmente consumen más de un tipo de recurso. Por ejemplo, algunos murciélagos consumen frutas e insectos; para lo cual se puede asumir que una especie de murciélago aporta 0,5 especies equivalentes a la sumatoria de los frugívoros y 0,5 especies equivalentes a la sumatoria de los insectívoros. De esta manera, se calcula el número de especies equivalentes para cada uno de los recursos definidos para este análisis, los hábitos de vida y los periodos de actividad.

#### 38.1.1. Rutas de desplazamiento de fauna silvestre

Con las coberturas vegetales identificadas en el área de estudio se elabora un mapa, con las unidades vegetales de mayor representatividad para la conservación de la fauna silvestre, donde la selección de estos corredores se hace con base en el trabajo realizado en campo, partiendo del análisis de la información biológica para la selección de oportunidades de conservación, ya que se utilizan criterios como riqueza, abundancia y

especies de interés de conservación (amenazadas, casi endémicas, migratorias) para cada uno de los grupos faunísticos de estudio. Este mapa se pasa por una extensión del programa CONEFOR (Saura y Torné, 2009) para ArcGis. Con este programa se calcula las probabilidades de conectividad (dPC) entre cada fragmento boscoso para establecer cuáles son los mejores sitios y/o ubicar los hábitats más importantes y funcionales para la fauna silvestre en el área de estudio. El programa se basa también en los movimientos de una especie y su rango de acción en un hábitat determinado, y se utilizara esta información para saber si una especie puede ser utilizada como sombrilla. Además, si la especie de interés se encuentra amenazada, su conservación implicaría la conservación de los bosques (hábitat natural), y de este modo se protegería todo el ecosistema (Anexo D.2.BIÓTICO – D2.3 Fauna).

#### 38.1.2. Mapas de distribución de especies faunísticas de interés

Para la estimación de la distribución potencial de las especies de mayor interés en el área de estudio se emplea el programa MaxEnt (Phillips et al., 2006). El programa utiliza un algoritmo (Maximum Entropy) que modela la distribución potencial de las especies, mediante la relación entre los puntos de presencia conocidos de las mismas y las variables ambientales incluidas en el modelo. Los puntos corresponden a los registros georreferenciados de campo y las variables a las capas del área de estudio, como: cobertura vegetal, altitud, distancia a los cuerpos de agua, distancia a las vías, casas y asentamientos, dependiendo la especie a modelar; a partir de esta relación, el algoritmo extrapola la presencia de la especie a las áreas donde se desconoce su presencia o ausencia (Lindenmayer et al., 1996). El mapa genera una figura temática con una trama de colores que advierte la probabilidad de éxito o presencia de la especie en el modelo, junto a éste se generan resultados analíticos que determinan la fidelidad del mismo y su precisión.

Adicionalmente, MaxEnt, genera un archivo cartográfico basado en los resultados predictivos de distribución de la especie, el cual será transformado en el programa ArcGis para de esta manera representar cualitativamente una distribución de las especies (Anexo D.2.BIÓTICO – D2.3 Fauna). Los valores de este archivo cartográfico son reclasificados de

acuerdo con el método de Jenks de ArcGis, el cual trata de generar intervalos de valores cuyos rangos permitan contemplar la mayor varianza de datos. De esta forma se generan tres intervalos que permitan asimilar los datos a probabilidades baja, media o alta. Finalmente, para obtener una distribución más segura que indique únicamente las zonas en las que existe la probabilidad de encontrar la especie, se vuelve a reclasificar el archivo excluyendo las zonas con probabilidades baja y media, y así obtener un mapa basado únicamente en zonas con elevadas probabilidades de éxito de encontrar la especie según el modelo de MaxEnt.

#### 2.5.4.2 Ecosistemas acuáticos

---

El monitoreo de las condiciones bióticas de los cuerpos de agua ha tenido un gran auge en las últimas décadas y se han convertido en una herramienta de gran valor que complementa los análisis fisicoquímicos. El principio de la bioevaluación del agua se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes, lo que quiere decir que los organismos vivos tienen la capacidad de modificar la composición de sus comunidades según los cambios que puedan presentarse en el ambiente en el cual se encuentren, y esto permite realizar evaluaciones comparativas en el tiempo para determinar con claridad el real estado ecológico de los cuerpos de agua (Segnini, 2003) y esto a su vez permite determinar el grado de recuperación biótica de un cuerpo de agua frente a eventos de perturbación.

##### 2.5.4.2.1 Fase de Precampo

Para el estudio hidrobiológico se realizaron monitoreos en los cuerpos de agua presentes en el área de influencia del proyecto, principalmente en los cuales se tengan contemplado el uso, aprovechamiento u ocupación del recurso.

Las estaciones monitoreadas para el componente hidrobiológico corresponden con las determinadas para la caracterización de fisicoquímica del agua (calidad del agua), numeral 2.5.3.6 del presente documento, siguiendo las disposiciones contempladas para la caracterización de los ecosistemas acuáticos en los Términos de Referencia para la

elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de uso de energía solar Fotovoltaica (Tdr-015).

Para el estudio se tuvieron en cuenta las características ecológicas de las corrientes, realizando monitoreos de los diferentes grupos hidrobiológicos: plancton (fitoplancton y zooplancton), perifiton, macroinvertebrados acuáticos, Macrófitas (vegetación acuática) y peces. Con el fin de brindar información sobre el estado ambiental y de calidad de las corrientes y la dinámica de estas con su entorno, y de esta manera generar información que pueda servir como marco de referencia para determinar cambios positivos o negativos en el ambiente.

Para la etapa de precampo, de acuerdo con el área de influencia, se realizó la revisión de información secundaria especializada para cada grupo, para lo cual se tomaron en cuenta estudios previos realizados en el área o en cercanías (posible caracterización de la zona), listados de especies registradas (bases de datos), planes de ordenamiento de la cuenca, estudios nacionales del recurso hídrico y la red nacional de datos abiertos sobre diversidad SiB (Tabla 2.5-63).

**Tabla 2.5-63 Fuentes de información secundaria consultada para el componente hidrobiológico**

BASES DE INFORMACIÓN CONSULTADA PARA COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS
ACICTIOS. (Mayo de 2021). Asociación Colombiana de Ictiólogos. Obtenido de <a href="https://www.acictios.org/listado-de-peces-de-agua-dulce-de-colombia/">https://www.acictios.org/listado-de-peces-de-agua-dulce-de-colombia/</a>
FishBase. (Mayo de 2021). Obtenido de <a href="https://www.fishbase.se/search.php">https://www.fishbase.se/search.php</a>
GBIF. (2021). Obtenido de Infraestructura mundial de información en biodiversidad: <a href="https://www.gbif.org/">https://www.gbif.org/</a>
SiB. (2021). Obtenido de Red Nacional de datos abiertos de sobre diversidad: <a href="https://sibcolombia.net/">https://sibcolombia.net/</a>
Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). (01 de 06 de 2018). Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). Obtenido de: <a href="http://www.siac.gov.co/consultas-en-linea">http://www.siac.gov.co/consultas-en-linea</a>
Álvarez Leon, R. (2014). Los peces de Colombia: 20 años de esfuerzos para su conservación y protección. Bol. Cient. CIOH, 2:85-104. <a href="https://www.iucnredlist.org">https://www.iucnredlist.org</a>
CORTOLIMA, AgendaAmbiental del Municipio de Piedras. Documento Técnico (2019).
CORTOLIMA. (2020). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Río Coello. POMCA Río Coello.

#### BASES DE INFORMACIÓN CONSULTADA PARA COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

- CORTOLIMA. (2019). POMCA Totare. Tolima, Colombia.
- DoNascimento, C., Herrera Collazos, E., & Maldonado-Ocampo, J. (2018). Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater fishes of Colombia. v. 2.11. Obtenido de acictios: <https://www.acictios.org/listado-de-peces-de-agua-dulce-de-colombia/>
- IUCN. (Mayo de 2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1. Obtenido de The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1.: <https://www.iucnredlist.org>
- Maldonado-Ocampo, J. A., Vari, R. P., & Usma, J. S. (2008). Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. Biota Colombiana, 9 (2) 143 - 237.
- Mojica, J. I., Usma, J. S., Álvarez-León, R., & Lasso, C. A. (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Bogotá: IAvH ICN WWF Col Universidad de Manizales. Recuperado el 20 de 01 de 2019, de <http://www.batrachia.com>
- Forero C. A. & Reinoso F. G. (2013). Evaluación de la calidad de agua del Río Opia (Tolima - Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Calsasia 35(2): 371-387.2013.
- Zapata, L. A., & Usma, J. S. (2013). Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces. Vol. 2. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF-Colombia.

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

Una vez recopilada la información secundaria se realizó el análisis de especies potenciales para la zona con la composición y estructura de sus comunidades para todos los grupos; para la fauna íctica se determinaron adicionalmente las especies endémicas, amenazadas o en veda, incluidas en alguna categoría de amenaza, con valor económico, ecológico y/o cultural y especies migratorias.

#### 2.5.4.2.2 Fase de campo

Para cada una de las estaciones de monitoreo establecidas en los cuerpos de agua lóticos y lénticos se realizó la caracterización de las comunidades perifíticas, macroinvertebrados asociados al bentos y fauna íctica, y adicionalmente muestreos de plancton (fito y zoo) y macrófitas en sistemas lénticos, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por la EPA (1999) y Wetzel & Likens (2000), así como las metodologías y los esfuerzos de muestreo establecidos en el permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica, con fines

de elaboración de estudios ambientales otorgado por la ANLA mediante la Resolución 01403 a la empresa Biota Consultoría y Medio Ambiente.

El monitoreo del componente hidrobiológico estuvo a cargo del laboratorio Biota Consultoría y medio Ambiente, el cual cuenta con acreditación IDEAM (Anexo D.2 Biótico-D2.6 Ecosistemas acuáticos).

Los métodos usados para la caracterización correspondiente, por comunidad, se presentan a continuación:

### **Perifiton**

- Método de captura

Para el muestreo del perifiton se identificaron elementos del sustrato que sirven de puntos de fijación y establecimiento, como piedras, hojarasca, troncos y detritos. Sobre estos, se realizó un raspado suave y superficial utilizando un cuadrante de 10 cm<sup>2</sup> y un cepillo hasta completar 10 raspados (submuestras) para un área total de raspado de 100 cm<sup>2</sup> (Fotografía 2.5-28); las submuestras formaron una sola muestra compuesta que contiene la variabilidad de ambientes en cada estación. Posteriormente, los microorganismos adheridos al cepillo fueron resuspendidos en un frasco ámbar de capacidad de 120 ml.



**Fotografía 2.5-28 Muestreo de la comunidad perifítica.**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

- Preservación y transporte de muestras

Las muestras fueron preservadas con solución Transeau en proporción 1:1 por volumen de muestra y almacenadas en frascos ámbar de 120 ml. Finalmente, las muestras fueron rotuladas, registradas en las planillas de campo y almacenadas en una nevera de icopor para su posterior traslado al laboratorio. En la Tabla 2.5-64 se presentan las técnicas, unidades y esfuerzos de muestreo para este grupo.

**Tabla 2.5-64 Técnicas, unidades y esfuerzos de muestreos para la comunidad Perifítica**

TÉCNICA DE MUESTREO	UNIDAD DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO
Remoción por cuadrante.	Cuadrante de 10 cm <sup>2</sup> por transecto	Máximo 20 barridos de 10 cm <sup>2</sup> (200 cm <sup>2</sup> ) / transecto de 100 metros / Máximo 5 transectos por kilómetros de cuerpo de agua.

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

## Plancton (Fitoplancton y Zooplancton)

- Método de captura

Para el muestreo de esta comunidad se buscó en los cuerpos de agua lénticos a evaluar, un lugar de remanso que preferiblemente tuviera incidencia de la luz solar. La colecta de la muestra de los organismos planctónicos se realizó empleando redes cónicas de plancton con apertura de ojo de malla de 23  $\mu\text{m}$  para fitoplancton y 55  $\mu\text{m}$  para zooplancton, a través de la cual se filtraron cien (100) litros de muestra, tomadas directamente del cuerpo de agua mediante un recipiente aforado (Fotografía 2.5-29). La muestra concentrada, se depositó en un frasco ámbar de capacidad de 120 ml.



Fotografía 2.5-29 Muestreo de la comunidad planctónica.

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

- Preservación y transporte de muestras

El material colectado en el cono se almacenó en frascos de 120 mL. Las muestras fueron preservadas con solución Transeau en proporción 1:1 por volumen de muestra. Finalmente, las muestras fueron rotuladas, registradas en las planillas de campo y almacenadas en una nevera de icopor para su posterior traslado al laboratorio. En la Tabla 2.5-65 se presentan las técnicas, unidades y esfuerzos de muestreo para este grupo.

**Tabla 2.5-65 Técnicas, unidades y esfuerzos de muestreos para la comunidad Planctónica**

TÉCNICA DE MUESTREO	UNIDAD DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO
Red cónica	Filtrado de 10 litros por Transecto.	Máximo 10 réplicas por transecto (100m) / Máximo 5 transectos por kilómetro de cuerpo de agua.

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

### Macroinvertebrados acuáticos

- Método de captura

Una vez identificado el cuerpo de agua a evaluar, el profesional observó los diferentes microhábitats y las características físicas del medio (profundidad, sustrato, dimensiones) para seleccionar el tipo de herramienta muestral de acuerdo con las condiciones del cuerpo de agua. Para la captura de macroinvertebrados acuáticos en sistemas loticos someros (profundidad  $\leq 30\text{cm}$ ), se empleó una red Surber con un diámetro de malla de  $243\mu$  y de  $30,5\text{cm} \times 30,5\text{cm}$  ( $930,25 \text{ cm}^2$  de área) (Fotografía 2.5-30). Se situó el dispositivo en el sustrato del cuerpo de agua, paralelo al flujo de la corriente, con la red dirigida aguas abajo (contracorriente) removiendo suavemente todo el material que se encuentre dentro del marco para desprender los organismos que estén fijos a él (APHA, 2005). En total se tomaron un máximo de 12 submuestras por estación de muestreo, que corresponden  $1,1 \text{ m}^2$  de área muestreada, distribuidas proporcionalmente entre los hábitats encontrados en el cuerpo de agua.



**Fotografía 2.5-30 Muestreo de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos con red surber**

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

Para cuerpos de agua con profundidades superiores a 30 cm se empleó como herramienta muestral la Red tipo D con diámetro de malla de  $560\mu$  (Fotografía 2.5-31), tomando como máximo 12 submuestras por punto de monitoreo, el área total muestreada para cada una de las estaciones corresponde a  $1.12 \text{ m}^2$ . Posteriormente se unieron todas las muestras en una sola, eliminando las rocas gruesas y los residuos de material vegetal grande.



**Fotografía 2.5-31 Muestreo de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos con Red D**

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

Para los cuerpos de agua lénticos se empleó como herramienta muestral la draga tipo ekman (Fotografía 2.5-32), realizando un máximo de 3 lances en un transecto de 30 m, cada submuestra se deposita en un balde, posteriormente el contenido del balde se

vierte en la red D y se lava vigorosamente. El material resultante se deposita en frascos plásticos. En caso de que los cuerpos de agua presentaran vegetación acuática asociada, se complementaron los muestreos con arrastres de redes tipo D-Frame, con el fin de caracterizar invertebrados acuáticos del neuston y asociados a vegetación.



**Fotografía 2.5-32 Muestreo de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos con Draga Tipo Ekman. Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

Las muestras colectadas por cualquiera de los métodos descritos anteriormente se transfirieron lentamente *in situ*, por una serie de tamices especialmente diseñados, evitando dañar o perder especímenes. Los tamices implementados con aberturas de malla de 1 y 5 cm retuvieron los materiales más grandes tales como hojas, palos conchas y grava, permitiendo el paso de los organismos y materiales más pequeños a un tamiz US Standard No. 30 que presenta una abertura de malla entre 0,595 y 0,600 mm (APHA, 2005).

- Preservación y transporte de muestras

Las muestras tamizadas se depositaron en frascos de 500 ml y preservadas con etanol al 70%. Finalmente, las muestras fueron rotuladas, registradas en las planillas de campo y almacenadas en una nevera de icopor para su posterior traslado al laboratorio. En la Tabla 2.5-66 se presentan las técnicas, unidades y esfuerzos de muestreo para este grupo.

**Tabla 2.5-66 Técnicas, unidades y esfuerzos de muestreos para la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos**

TÉCNICA DE MUESTREO	UNIDAD DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO
Red surber	Barrido de 930,25 cm <sup>2</sup> / transecto	Máximo 12 barridos (10.800 cm <sup>2</sup> ) / transecto (100 metros) / Máximo 5 transectos por kilómetro de cuerpo de agua.
Red Tipo D - Kicksampling	Barrido o kicks por transecto	Máximo 12 barridos o kicks distribuidos en transectos de 100 metros. Máximo 5 transectos por kilómetro de cuerpo de agua.
Draga Tipo Ekman	Lance de una draga de 225 cm <sup>2</sup> transecto	Máximo 3 lances distribuidos en un transecto de 30 metros. Máximo 5 transectos por kilómetro de cuerpo de agua muestreado.

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

### Macrófitas acuáticas

- Caracterización

La caracterización de esta comunidad se realizó mediante el método Punto intercepto, la cual consistió en trazar un transecto lineal perpendicular cubriendo la totalidad del parche de macrófitas (Fotografía 2.5-33). Después de realizar el transecto, con un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, se realizó el muestreo en diez (10) cuadrantes colocándolos aleatoriamente en zigzag sobre el parche de macrófitas y se determinó la cobertura encontrada por cada una de las macrófitas que estuvieron presente. Para algunos cuerpos de agua, debido a su tamaño, no fue posible realizar el muestreo en los 10 cuadrantes (Ver registros de campo Anexo D.2 Biótico-D2.6 Ecosistemas acuáticos). Posteriormente se colectó un individuo completo por morfoespecie encontrada.



**Fotografía 2.5-33 Muestreo de la Macrófitas acuáticas.**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

- Preservación y transporte de muestras

El material colectado, fue envuelto en papel periódico y sumergido en alcohol al 70% (APHA, 2005). En la Tabla 2.5-67 se presentan las técnicas, unidades y esfuerzos de muestreo para este grupo.

**Tabla 2.5-67 Técnicas, unidades y esfuerzos de muestreos para Macrófitas acuáticas**

TÉCNICA DE MUESTREO	UNIDAD DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO
Colecta Manual Cuadrante de 1x1 m	Cuadrante de 1m <sup>2</sup> por transecto.	Máximo 10 cuadrantes de 1m <sup>2</sup> (10m <sup>2</sup> ) / transecto (10m) / Máximo 5 transectos por kilómetro de cuerpo de agua.

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

## Ictiofauna

- Método de captura

Para el muestreo de la comunidad íctica se emplearon diferentes artes de pesca, dependiendo de las características particulares del cuerpo de agua y con el objeto de

obtener la riqueza máxima posible, para que, de esta manera, se tenga como resultado un listado representativo de especies y sus abundancias relativas.

Las artes de pesca utilizadas fueron:

- Atarraya: Se usaron redes de Nylon de 1.5 cm de ojo de malla con 2.5 m de diámetro y de 2.5 cm de ojo de malla con 4m de diámetro, con pesas sintéticas en su extremo de abertura (Fotografía 2.5-34). El esfuerzo de muestreo fue de 20 lances realizados en cada una de las estaciones de muestreo o de acuerdo con la extensión que permitió el cuerpo de agua.



**Fotografía 2.5-34 Muestreo de la ictiofauna con atarraya.**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

- Red de Arrastre: es una red de pantalla, con la que se realizaron arrastres sucesivos por todo el punto de monitoreo, esta red permite la captura de organismo tanto bentónicos como nectónicos de poca velocidad. Para las capturas por arrastre se llevó inicialmente un extremo de la red adherida al sustrato avanzando hacia el centro aprovechando la corriente haciendo un semicírculo, manteniendo el otro extremo de la red relativamente fija pero avanzando despacio hacia la orilla siguiendo el avance del extremo opuesto de la red que avanza en la zona de mayor profundidad, con una estricta coordinación

de ambos extremos; posteriormente, se va recogiendo la red arrastrándola hacia la orilla con la línea pesada siempre pegada al piso y reduciendo alternadamente la sección de los plomos y flotadores hasta concentrar los peces en una parte media (Fotografía 2.5-35). En cada estación de muestreo se realizaron 4 arrastres.



**Fotografía 2.5-35. Muestreo de la ictiofauna con red de arrastre.**

**Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021**

Como métodos adicionales se emplearon las artes de pesca nasa y anzuelos, donde con la nasa se realizaron 10 arrastres por transecto de 100 m, respecto a los anzuelos se establecieron 3 líneas durante una hora en un transecto de 100 m, se utilizaron anzuelos de diferentes tamaños durante la instalación de cada una de las líneas.

Los peces capturados en cada punto de muestreo se introdujeron en una nevera plástica con agua captada en el cuerpo de agua en estudio; una vez terminada la jornada de pesca en el punto, fueron caracterizados los ejemplares, y realizados los conteos para cada especie. En el caso ser especies comunes se realizó la identificación taxonómica en campo y los individuos fueron liberados en el menor tiempo posible, evitando así estrés post captura. Para las especies raras o de difícil determinación taxonómica se tomaron ejemplares como muestra, para su posterior análisis en laboratorio.

- Preservación y transporte de muestras

En el caso de requerir la identificación de alguna determinación taxonómica, se realizó la colecta de individuos por morfotipo a corroborar. Los individuos colectados fueron anestesiados en una solución de esencia de clavo de olor. Para el trabajo ictiológico la solución fijadora más ampliamente usada es el formol al 10% de concentración, neutralizado con borato de sodio con el fin de evitar la descalcificación de los ejemplares. Los individuos de pequeño tamaño (< 40 mm de longitud total) se pusieron directamente en la solución de formol al 10%; mientras que, a individuos de tamaños superiores al referenciado, se les inyectó con una jeringa el formol a través del ano, realizando perforaciones en los costados de los individuos, hasta que el mismo adquiriera una consistencia rígida, lo cual garantiza una fijación completa de los tejidos (Maldonado-Ocampo, y otros, 2005).

Una vez los especímenes fueron fijados, se empacaron en bolsas plásticas de cierre hermético. Cada muestra contó con etiquetas de campo que describen los datos de lugar, fecha de colecta y estación de muestreo. El material colectado y preservado, se transportó en neveras de icopor. Todo el material será depositado en una colección debidamente autorizada como la de Instituto de Ciencias Naturales o El Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

En la Tabla 2.5-68 se presentan las técnicas, unidades y esfuerzos de muestreo para este grupo.

**Tabla 2.5-68 Técnicas, unidades y esfuerzos de muestreos para la ictiofauna**

TÉCNICA DE MUESTREO	UNIDAD DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO
Nasas y redes de mano	Arrastre de 10 metros lineales por transecto muestreado.	Máximo 10 arrastres / transecto (100m) / 5 transectos por kilómetros de cuerpo de agua muestreado.
Red de arrastre	Arrastre de 15 metros lineales por transecto.	Máximo 4 arrastres / transecto (100 metros) / Máximo 5 transectos por kilómetro de cuerpo de agua.

TÉCNICA DE MUESTREO	UNIDAD DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO
Atarraya	Lance de atarraya por transecto	Máximo 20 lances de atarraya/ transecto (100 m) /Máximo 5 transectos por kilómetro de cuerpo de agua.
Pesca con anzuelo	5 anzuelos	Máximo 3 líneas / 1 hora por día / transecto de 100 m / Máximo 5 transectos por kilómetro de cuerpo de agua muestreado.

Fuente: Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S; 2021

#### 2.5.4.2.3 Fase de Postcampo

- Análisis de laboratorio

En esta etapa, se procedió al análisis de las muestras colectadas en campo mediante la determinación de la composición y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en los cuerpos de agua señalados anteriormente. La recepción de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio de Biota Consultoría y Medio Ambiente S.A.S, Acreditado por el IDEAM. (Anexo D.2 Biótico-D2.6 Ecosistemas acuáticos).

#### Fitoplancton, Zooplancton y Perifiton

El recuento e identificación de los organismos pertenecientes a estas comunidades se realizó utilizando una placa Sedgwick-Rafter. Se contabilizaron los organismos encontrados mediante barridos en zig zag contando las células observadas en el fondo de la totalidad de la placa, utilizando un microscopio invertido, en un aumento de 40X; teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 23 (2017). La determinación se realizó hasta el mínimo nivel taxonómico posible, utilizando las claves de: Weh & Sheath 2003, Peña et al. 2005, Bicudo & Menezes 2006, Fernández 1982 y Parra et al. 1982 y la base de datos AlgaBase para confirmar la taxonomía de estos organismos.

### Macroinvertebrados acuáticos

Para la identificación de estos organismos se realizó la limpieza y separación del material recolectado utilizando tamices con ojo de malla de diferente micraje, retirando el material vegetal de gran tamaño como hojas, palos y ramas. Se utilizaron equipos y materiales de laboratorio como estereoscopio marca Motic, cajas de Petri, pinzas, frascos plásticos con tapa, libreta de apuntes y lápiz. Se realiza la separación de todas las morfoespecies encontradas en la muestra y se procede al conteo de individuos y determinación taxonómica utilizando las claves de Roldán (1989[ y 2003), Domínguez & Fernández (2009), Machado & Rincón (1989), Bouchard (2004), Moscow (2006), Muñoz-Quesada (1996), Johannsen (1977), Cummins & Merrit (1996), Needham & Needham (1982) y Lopretto & Tell (1995) e ITIS (2008).

### Macrófitas acuáticas

Para las macrófitas acuáticas, su identificación se basó en la observación de las estructuras vegetativas y florales de las plantas. Cuando fue necesario se diseccionó las macrófitas con la ayuda de un estereoscopio (aumentos de 6x 60x, pinzas y agujas finas; teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association, AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 23 (2017) e Integrated Taxonomy Information System (ITIS).

### Comunidad íctica

La comunidad íctica se identificó teniendo en cuenta la merística y morfometría registrada en campo. La identificación se basó en claves y bibliografía especializada como Dahl & Medem (1964), Dahl (1971), Miles (1971), Roman (1995), Galvis et al. (1997), Maldonado-Ocampo et al. (2005), El establecimiento de la validez del estatus taxonómico de las especies se tuvo en cuenta la base de datos disponible en línea del Sistema integrado de información Taxonómica (ITIS) (<http://www.itis.gov/>), el Instituto de Ciencias de California según Eschmeyer, (<http://www.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatsearch.html>), FishBase y la Asociación Colombiana de Ictiología (<https://www.acictios.org>).

Se determinó el estado de las especies de la fauna íctica con respecto a los grados de amenaza, endemismos, importancia económica, ecológica y ambiental, y especies migratorias, teniendo en cuenta la resolución 1912 de 2017, del MADS, así como las listas oficiales publicadas por el Instituto Alexander Von Humboldt Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia, (Mojica , Usma, Álvarez-León, & Lasso, 2012), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), la Unión Internacional para la Protección de la Naturaleza IUCN y Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces. Vol. 2 (Zapata & Usma, 2013)

- Análisis de la información

Los datos obtenidos de las comunidades hidrobiológicas fueron recopilados en tablas primarias. Para el caso específico del perifiton los resultados cuantitativos se expresaron en células por milímetro cuadrado (cel/mm<sup>2</sup>), teniendo en cuenta el área de sustrato del cual se extrajo la muestra, mientras que para el plancton los datos se reportaron en número de individuos o células según el caso por mililitro (ind/ml o cel/ml), de acuerdo con el volumen de agua filtrado en campo. Para los macroinvertebrados acuáticos, se tuvieron en cuenta el total de individuos contabilizados en cada taxón determinado y el área de muestreo, registrando de esta forma el total de individuos por unidad de área, en este caso por metro cuadrado (ind/m<sup>2</sup>). Finalmente, para la comunidad de macrófitas acuáticas se presentaron los resultados en porcentaje de cobertura por especie reportada, mientras que para la comunidad íctica se presentaron los resultados en número de individuos por morfoespecies.

Con los resultados obtenidos se realizó el análisis de estructura evaluando los parámetros de riqueza, abundancia y diversidad de especies, en los cuales, la riqueza correspondió a el número de especies registrado en cada estación monitoreada (S), la abundancia corresponde a la suma total de organismos registrados en cada estación monitoreada (N) y para la diversidad se realizó un análisis de diversidad a, utilizando los índices de diversidad de Shannon (H'), dominancia de Simpson (1-D) y equidad de Pielou (J').

Posteriormente se complementó esta información mediante un análisis de clasificación y ordenación de diversidad entre hábitats midiendo el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (diversidad b), a través de los porcentajes de similaridad Bray-Curtis y finalmente se estimó la relación fisicoquímica e hidrobiológica mediante un análisis de correspondencias canónicas (ACC). Estos índices y análisis se determinaron utilizando el programa estadístico PAST 4.02 (2020)

Para determinar el estado de la calidad biótica de los cuerpos de agua, se tuvo en cuenta la valoración BMWP/Col para macroinvertebrados acuáticos con la asignación de los valores de bioindicación para cada una de las familias taxonómicas establecidos previamente por (Roldán-Pérez, 2016). Para las demás comunidades se buscaron índices que fueran aplicables de acuerdo con la composición presentada y se realizó una interpretación teórica basada en las características y datos ecológicos de los organismos reportados.

#### 2.5.4.3 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas

---

Existen diversos tipos de áreas protegidas y cada una corresponde a una categoría de manejo conforme al nivel de biodiversidad que protegen, el estado de conservación, la escala de gestión y las actividades que se permiten desarrollar en cada una de ellas (PNN,2014). Las áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas- SINAP son de índole nacional, regional o departamental y pueden ser de carácter privado, público o de propiedad colectiva (PNN, 2015).

Considerando los objetivos de este Sistema y en general el propósito de conservación del país, dentro del proceso de la elaboración del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Fotovoltaico Shangri-La, se buscó identificar si el área de influencia del proyecto se cruza con áreas de interés ambiental incluidas en el Decreto 1076 de 2015, las cuales, de acuerdo con sus características intrínsecas y objetivos de conservación, son agrupadas como se muestran a continuación:

Para establecer las diferentes categorías de las áreas de importancia ambiental que se traslapan con el área de influencia del proyecto, de manera preliminar se consultaron algunos visores de alertas tempranas como Tremarctos 3.0 y el Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC. Posterior a esto, se hizo una revisión de información oficial disponible emitida por las diferentes autoridades ambientales en jurisdicción del proyecto, dentro de las que se encuentran las siguientes:

- Información cartográfica del Sistema de Información Geográfica de Parques Nacionales Naturales (PNN), los cuales contienen información de las áreas protegidas del SINAP de carácter público y privado.
- Información cartográfica oficial del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), que incluye información de las Reservas Forestales establecidas bajo la Ley 2da de 1959.
- Información cartográfica del Instituto Alexander Von Humboldt con información del complejo de ecosistemas de páramos, relictos de bosques secos y AICAS de Colombia.

Posteriormente, se procedió a realizar los cruces de dicha información con el área de influencia del proyecto. Con el fin de dar más detalle y precisión se ajustó la información a escalada 1:25000, a través de la utilización de herramientas ofimáticas como el programa QGIS v. 3.12.0. y/o ARCGIS, para lo cual se tomó en cuenta la información cartográfica disponible en la página del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) , considerando las capas que se relacionan a continuación:

- Áreas de Interés para la Conservación de las Aves (AICA).
- Áreas Prioritarias de Conservación.
- Bosques secos tropicales.
- Distritos de Conservación de Suelos.
- Distrito Regional de Manejo Integrado.
- Humedales 2012.
- Humedales Ramsar.

- Parques Naturales Regionales.
- Prioridades Compes.
- Prioridades de Conservación Nacional Compes.
- Reserva Forestal Protectora Nacional.
- Reserva Forestal Protectora Regional.
- Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC).

Finalmente, se tuvo en cuenta el decreto 1076 de 2015, específicamente los artículos 2.2.1.1.17.6, 2.2.1.1.18.2 y 2.2.1.1.18.6 para el desarrollo del documento y se realizó la búsqueda de las determinantes ambientales establecidas por las Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA.

### 2.5.5 Caracterización Medio socioeconómico

---

Se describe a continuación la metodología empleada para el desarrollo del medio socioeconómico y cultural en el marco del EIA del Proyecto "Fotovoltaico Shangri-La". Este proceso se realizó a partir de la estructuración de dos elementos principales: el desarrollo de lineamientos de participación y la caracterización socioeconómica del área de influencia

Vale mencionar que el desarrollo del proceso informativo y participativo se dio de manera atípica debido a que la elaboración del estudio de impacto ambiental coincidió con la declaración de la emergencia sanitaria en todo el territorio nacional con el fin de prevenir y controlar la propagación del Coronavirus COVID-19 y mitigar su efecto<sup>34</sup>. Esta situación se vio reflejada en los bajos niveles de representatividad y participación en las diferentes comunidades.

---

<sup>34</sup> Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 385 del 12 de marzo de 2020.

A continuación, se presenta la estructura del proceso metodológico para el medio socioeconómico del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto fotovoltaico Shangri-La.

### 2.5.5.1 Enfoque Integrado Basado en los Derechos Humanos

Para el contexto de caracterización socioeconómica, así como para la identificación y evaluación de impactos sociales asociados a las actividades del proyecto se adoptó un enfoque integrado en el cual se buscó incorporar la perspectiva desde los derechos humanos, aplicando los siguientes principios:

- Basarse en la experiencia interna y/o independiente en derechos humanos.
- Ser sensible al género y prestar especial atención a cualquier posible impacto en los derechos humanos en individuos y grupos que puedan estar en mayor riesgo de vulnerabilidad o marginación.
- Evaluar los posibles impactos desde la perspectiva del riesgo para las personas, en lugar del riesgo para las empresas.

El Enfoque Integrado Basado en los Derechos Humanos se guía por las normas y principios internacionales de derechos humanos, en particular se quieren resaltar:

- Convenios Fundamentales de la OIT;
- Declaración Universal de los Derechos Humanos;
- Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

La implementación del enfoque Integrado pone su énfasis en: Identificar y abordar los impactos adversos; realizar una participación significativa e inclusiva de las partes interesadas en todas las etapas del proceso; intercambiar información involucrando las partes en actividades en los procesos de participación; identificar los titulares de derechos y sus derechos; analizar los modelos de participación de las partes interesadas.

Los elementos mencionados se integraron como parte del desarrollo del medio socioeconómico.

### 2.5.5.2 Desarrollo de los lineamientos de participación

---

La finalidad de desarrollar los lineamientos de participación se fundamenta en la necesidad de informar previa y oportunamente a los diferentes actores sociales e institucionales, sobre las principales características relacionados con la construcción y operación del Proyecto "Fotovoltaico Shangri-La" con el fin de establecer un canal de comunicación con los grupos de interés, además de poder obtener insumos de primera mano para aportar para la caracterización del medio socioeconómico, la identificación y evaluación de impactos y la formulación de medidas de manejo.

Para eso, fue necesario identificar los titulares de derechos y otras partes interesadas, con quien se realizó un proceso de gestión y convocatoria para el desarrollo de los distintos momentos de reunión en los cuales se dio la implementación de los lineamientos de participación.

Los procesos de participación buscaron ser inclusivos, en aplicación del principio de no discriminación, teniendo en cuenta las cuestiones de género, las necesidades de las personas y los grupos en riesgo de vulnerabilidad o marginación.

#### 2.5.5.2.1 Metodología virtual y semi - presencial

Debido a la situación actual de emergencia sanitaria y ante las disposiciones del Gobierno sobre el tema de aislamiento preventivo, se requirió implementar una estrategia de información y participación significativa basada en el uso de diferentes tecnologías y medios de comunicación que permitiera generar el proceso de interacción con los diferentes grupos de interés y surtir los requerimientos establecido en los Términos de Referencia (Tabla 2.5-72).

A continuación, se desarrolla las principales acciones tenidas en cuenta para la metodología participativa, aprovechando dinámicas virtuales y semipresenciales, siempre en respecto al derecho a informarse oportunamente y donde se brindó condiciones para que los distintos grupos de interés pudieran aportar información clave que se empleó en el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental.

Cada estrategia, virtual o semipresencial, buscó aprovechar elementos de fácil acceso y realización, que permitieran transmitir el mensaje e interactuar según el grupo de interés definido.

Tabla 2.5-69 Metodología participativa

GRUPO DE INTERÉS	ESTRATEGIA VIRTUAL			ESTRATEGIA SEMIPRESENCIAL	
	WhatsApp	Material informativo (folletos)	Espacios virtuales	Puntos informativos	Reuniones Presenciales
Comunidades	X	X	X	X	X
Liderazgos JAC	X		X		X
Propietarios y administradores predios	X		X		X
Autoridades regionales y municipales	x		x		x

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

Donde, las actividades implementadas para la estrategia virtual son:

- **WhatsApp:** comunicación individual, espacio informativo (a través de material audiovisual) y participativo significativo.
- **Material visual:** posicionado, pendones y cartillas en lugares estratégicos de las comunidades para divulgar la información.
- **Espacios virtuales:** encuentros de reunión para aclarar dudas e inquietudes de las partes interesadas.

Por otro lado, las actividades previstas según la estrategia semipresencial son:

- **Puntos informativos:** un espacio expositivo abierto e itinerante, ubicado en cada comunidad y donde se presenta información clave acerca del proyecto, de igual

forma busca abrir un espacio de interacción con el fin de conocer las diferentes expectativas de los participantes.

- **Reuniones presenciales:** en espacios participativos y en respeto de las medidas de bioseguridad, para garantizar la participación significativa

#### 2.5.5.2.2 Identificación de las partes interesadas

Con base en la información disponible de fuentes como el plan de ordenamiento territorial y planes desarrollo municipal de las unidades territoriales mayores identificadas (Ibagué y Piedras), se identificó de manera preliminar las unidades territoriales mayores y menores que se encontraban relacionadas con la ubicación del proyecto. Respecto a los municipios, se revisó la información disponible en los sitios web de cada alcaldía, donde se obtuvo los datos de nombres y cargos de los funcionarios locales.

#### **Directorio de contactos**

Una vez definidas las unides territoriales objeto relacionamiento, se procedió a establecer un directorio de contactos, el cual tiene el nombre de la comunidad o institución, el nombre del contacto, cargo y teléfono o correo electrónico. (**Anexo D.3.2**)

#### **Convocatoria**

Ante las dinámicas atípicas en la que se desarrolló el proyecto, se buscó minimizar la posibilidad de contacto, por lo que el relacionamiento se estableció de manera inicial por medio de solicitudes escritas, correos electrónicos, llamadas telefónicas y mensajes de texto vía WhatsApp.

Para dichos contactos se estableció el teléfono 3184844380 y el correo electrónico nreyes@naturamedioambiente.com, pertenecientes a Nelson Reyes quien fue el responsable de gestionar las relaciones con los grupos de interés.

#### **Desarrollo del proceso informativo y participativo**

Como se ha establecido previamente, y ante las condiciones sociales atípicas, se buscó generar un proceso informativo flexible, buscándolo adaptar a las dinámicas de cada actor objeto de relacionamiento. El proceso se describe a continuación.

### 2.5.5.2.3 Lineamientos de participación con autoridades regionales, departamentales y municipales

Con el fin de responder al proceso participativo, fue fundamental establecer canales de relacionamiento y gestión con las autoridades del orden regional, departamental y a nivel municipal con las Alcaldías y Personerías Municipales. Con dichas autoridades se hicieron solicitudes encaminadas a establecer espacios de reunión para presentar el proyecto.

#### **Desarrollo del proceso informativo y participativo**

Para las diferentes autoridades con las cuales se estableció el proceso informativo, se presentó la descripción general del proyecto a licenciar y las actividades a desarrollar en el marco del Estudio de Impacto Ambiental (EIA); esto se realizó a través de una presentación donde se recogieron las principales características del proyecto, el proceso de licenciamiento y las actividades a desarrollar para la elaboración del EIA. Además, se buscó identificar las distintas expectativas de los actores institucionales frente al desarrollo del proyecto.

Previo a la radicación del EIA se envió a cada institución un resumen ejecutivo donde se presentaban los principales resultados obtenidos en el ejercicio de caracterización de los medios físico, biótico y socioeconómico, así como los diferentes impactos y medidas de manejo generados a partir de la elaboración del estudio.

Estos espacios de reunión se realizaron con las siguientes entidades representativas del orden regional, departamental y municipal (Tabla 2.5-70)

**Tabla 2.5-70 Autoridades**

NIVEL TERRITORIAL	AUTORIDAD
REGIONAL	CORTOLIMA
DEPARTAMENTAL	Gobernación del Tolima
MUNICIPAL	Alcaldía de Piedras
	Personería Ibagué
	Alcaldía de Ibagué
	personería Piedras

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

#### 2.5.5.2.4 Solicitud de certificación al Ministerio del Interior sobre existencia de grupos étnicos

Con el fin de conocer la existencia o no de grupos étnicos en la zona de influencia, se presentó la solicitud de procedencia y oportunidad de consulta previa ante la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa (DANCP), según se establece en los lineamientos de participación y en el Anexo D3.

#### 2.5.5.2.5 Lineamientos de participación con comunidades

Entre las partes interesadas como sujetos de posibles impactos por el desarrollo del proyecto, se identificaron también las comunidades asentadas en la zona. asentadas en la zona y que fueron objeto de relacionamiento. Con el fin de establecer un proceso participativo, se desarrollaron estrategias de comunicación dirigidas a los diferentes actores comunitarios del área de influencia del proyecto con la siguiente representación (Tabla 2.5-71).

**Tabla 2.5-71 Comunidades**

MUNICIPIO	UNIDAD TERRITORIAL	TIPO ORGANIZACIÓN
PIEDRAS	Vereda Estación Doima	Junta de Acción Comunal
IBAGUE	Vereda Picalaña (sector rural)	Junta de Acción Comunal
	Vereda Aparco	Junta de Acción Comunal
	Vereda Alto Combeima	Junta de Acción Comunal
	Vereda Buenos Aires	Junta de Acción Comunal
	Barrio Rincón de las Américas	Junta de Acción Comunal
	Barrio Las Américas	Junta de Acción Comunal
	Barrio Los Tunjos	Junta de Acción Comunal
	Barrio Picalaña	Junta de Acción Comunal
	Conjuntos Arboleda, Yarumos y Madeira campestre	Administración del edificio
	Áreas adyacentes comuna 9 (Condominio Hacienda Las Victorias, conjuntos de apartamentos Arboleda del Campestre y apartamentos Ecociudad de la Riviera)	Administración del conjunto

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

Con dichas entidades y en función de la disponibilidad de estas se realizó el desarrollo de los siguientes momentos participativos.

### **1º momento participativo**

En un primer momento se buscó establecer el acercamiento con los líderes comunitarios que permitiera la presentación del proyecto con sus características y las actividades realizadas para la realización del EIA y el proceso de licenciamiento ambiental. Este acercamiento se realizó de manera telefónica, buscando agendar espacios de encuentro individual, donde con el apoyo de un equipo portátil se presentaron las principales características del proyecto como tipo, ubicación, empresa responsable y las principales actividades asociadas a la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

Este espacio se buscó surtir a nivel de la presencia de los liderazgos debidamente reconocidos para cada comunidad en cabeza de su presidente de Junta de Acción comunal. Con el fin de establecer un proceso de relacionamiento se generó un documento que recoge los principales temas de interés del encuentro, además se entregó copia de la presentación en físico.

### **2º momento participativo**

Para la implementación de este momento participativo, se desarrollaron encuentros grupales con las comunidades con disponibilidad, siempre respetando medidas de bioseguridad (reunión al aire libre, lavado de manos y uso de tapabocas). En estos espacios se utilizó la estrategia de presentación del proyecto con apoyo de la presentación impresa en tamaño pliego y expuesta en papelógrafo, donde se presentaron las generalidades del licenciamiento, así como el proceso de construcción y operación del parque solar fotovoltaico y la línea de transmisión eléctrica.

Posterior a la presentación del proyecto, se procedió a explicar los conceptos impacto y medida de manejo con el fin de que a través de actividades participativas como el diligenciamiento de matrices tamaño pliego y expuestas en el papelógrafo, se buscó que los participantes pudieran identificar los principales impactos y se propusieron medidas de manejo.

De igual manera y debido a las dinámicas locales de baja convocatoria y participación en espacios colectivos, se estableció una estrategia de puntos informativos concertada con los líderes comunitarios y consistente en la ubicación de material gráfico (pendones y presentación en papelógrafo) y que permitieron en generar espacios de presentación del proyecto en sitios estratégicos de las comunidades, donde además se les entregó folletos informativos.

### **3º momento participativo**

Un tercer momento informativo se desarrolló asociado a la entrega de los principales resultados del estudio de impacto ambiental. Este espacio se realizó a nivel de liderazgos comunitarios y autoridades con las cuales se había establecido relacionamiento previamente. Por medio de esta comunicación (vía WhatsApp y correo electrónico se

compartió información general relacionada con las características identificadas de los medios físico, biótico y social, además de la evaluación de impactos y el plan de manejo ambiental.

De acuerdo con el requerimiento de información adicional N° 10 realizado por la autoridad ambiental, se ejecutó una estrategia de complemento del proceso de participación y socialización con comunidades, los propietarios del predio Hato de Opia y la Corporación Autónoma Regional del Tolima, las Alcaldías de Ibagué y Piedras y la Gobernación del Tolima. Con los conjuntos ubicados en las áreas adyacentes, ante la ausencia de instancias de participación u organizaciones comunitarias, se procedió a radicar ante la administración del conjunto un documento de presentación del proyecto fotovoltaico Shangri-La, así como un adjunto con la presentación de los principales resultados del Estudio de Impacto Ambiental.

En dicho complemento se incluyeron las características generales del proyecto y los principales resultados del Estudio de Impacto Ambiental realizado. La información presentada a los diferentes actores se les entregó en copia (física o virtual según fuera el caso).

### Propietarios predios

Con el fin de vincular a los diferentes grupos de interés, también se estableció un proceso informativo dirigido a los propietarios de predios donde se ubicará el proyecto del parque solar fotovoltaico. Con dichos actores se presentó el proceso de licenciamiento, las actividades para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y las actividades de prospección arqueológica (Tabla 2.5-72).

**Tabla 2.5-72. Predios donde se ubicará el proyecto de la planta fotovoltaica**

MUNICIPIO	UNIDAD TERRITORIAL	PREDIO
Piedras	Estación Doima	Gascoña
Ibagué	Vereda Picalaña (sector rural)	El Reposo
		Hato de Opia

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

Para dar cumplimiento al requerimiento de información adicional N° 11 realizado por la autoridad ambiental, se estableció en el capítulo 5.3 la trazabilidad del proceso de gestión e información realizado entre la empresa operadora Shangri-La con los propietarios de predios relacionados con el trazado de la línea de transmisión eléctrica, proceso soportado en comunicaciones escritas, correos electrónicos y otros tramites realizados que se soporta en sus respectivos anexos.

#### 2.5.5.2.6 Soportes de verificación

Para el desarrollo de estos espacios de participación se establecieron los respectivos soportes de verificación que permitieron realizar la trazabilidad. Dichos soportes buscan dar cuenta de la gestión realizada, tanto en materia de convocatorias, desarrollos de espacios de información y solicitudes específicas a las entidades correspondientes. El detalle de los soportes se establece en el **Anexo D.3**.

- Convocatorias de reunión.
- Agenda y desarrollo temático de la reunión (presentación tipo PPT).
- Resumen de reunión;
- Listado de asistencia entrega de información.

#### 2.5.5.3 Caracterización del medio socioeconómico y cultural

---

Para realizar la caracterización del medio socioeconómico y cultural de las áreas de influencia del Proyecto "Fotovoltaico Shangri-La" fue necesario establecer los lineamientos requeridos para la elaboración del documento. Para esto a recolectar y analizar la información proveniente de fuentes primarias y secundarias.

Los componentes que integran el medio socioeconómico y cultural son:

- componente demográfico;
- componente espacial;

- componente económico;
- componente cultural;
- componente arqueológico;
- componente político-organizativo;
- tendencias de desarrollo.

#### 2.5.5.3.1 Lineamientos metodológicos para la caracterización socioeconómica del área de influencia

La estructuración del medio socioeconómico partió de la identificación de fuentes de información secundarias (portales institucionales, bases de datos de entidades públicas, planes de desarrollo y ordenamiento territorial) y primarias (directo en campo con los grupos de interés). Con base en estos datos, se generó un análisis comparativo que permitió determinar las dinámicas de cada componente del medio social en el territorio. Dicha información se empleó, además, como insumo para realizar los aportes del medio social a la evaluación de impactos (Cap VIII), zonificación (Cap. IX) y formulación de medidas de manejo (Cap X).

#### 2.5.5.3.2 Identificación y análisis de información secundaria - trabajo pre-campo

Como parte del ejercicio de caracterización, se realizó un primer momento de revisión del contexto a partir de la identificación y análisis de bases de datos disponibles en fuentes oficiales como portales institucionales y en las dependencias de las instituciones del orden local y regional.

Las fuentes oficiales cuyas bases de datos han sido consultadas, entre otras, son:

- Departamento Nacional de Estadística (DANE);
- Departamento Nacional de Planeación;
- Ministerio de Educación;
- Ministerio de Salud;

- Ministerio de Vivienda;
- Ministerio del Interior;
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC;
- Registraduría General de la Nación;
- Sitios web de Alcaldía de Ibagué (Tolima);
- Sitios Web de la Gobernación de Tolima;
- Sitios Web de las Corporación autónoma de Tolima

Con el fin de tener información de primera mano sobre cada unidad territorial, se realizó la gestión ante las autoridades departamentales y municipales con el fin de obtener acceso a base de datos

Las fuentes de información consultadas se presentan a lo largo del documento estructurado en el Capítulo V, donde se desarrolla la Caracterización para el Medio Socioeconómico.

#### 2.5.5.3.3 Recolección y análisis de información primaria - Trabajo de campo

En el desarrollo del trabajo de campo para la recolección de información, se empleó la estrategia de "observación participante", por medio de la cual se aprovechó los diferentes espacios de interacción con el fin de identificar las dinámicas socioeconómicas y culturales locales. Además, se hizo uso de la ficha comunitaria.

##### 2.5.5.3.3.1.1.1 Ficha comunitaria

La ficha comunitaria es un instrumento de recolección de información general, que permite indagar, desde la información que posee la misma comunidad, sobre los aspectos puntuales en materia demográfica, infraestructura social, dinámica económica, aspectos culturales, conflicto y participación. Este instrumento aporta a la construcción de memoria histórica de las comunidades.

Este instrumento se aplicó contando con la participación de los representantes de las Juntas de Acción Comunal y demás organizaciones sociales de base de las comunidades.

#### 2.5.5.3.4 Trabajo post-campo

Toda la información obtenida de fuentes primarias y secundarias se incluyó en el documento según los lineamientos de los términos de referencia con el fin de consolidar la caracterización de área de influencia o línea base. Para la inclusión de la información en el documento se realizó un análisis de los datos obtenidos para cada componente, desarrollado a partir de la generación de tablas comparativas, gráficas, mapas sociales y el uso del registro fotográfico, elementos de contextualización que facilitan el correspondiente análisis y la ubicación de cada componente dentro de las dinámicas presentes en el área de influencia socioeconómica.

#### 2.5.5.4 Elementos de análisis de los componentes del medio socioeconómico y cultural

---

A continuación, se presenta el objetivo de cada componente, identificando de forma general cada elemento que se tuvo en cuenta en la caracterización del área de influencia del "Proyecto Fotovoltaico Shangri-La".

##### 2.5.5.4.1 Componente demográfico

Para el componente demográfico se buscó reconocer y analizar las dinámicas demográficas relacionadas con la presencia y movilidad de la población residente en las áreas de influencia del "Proyecto Fotovoltaico Shangri-La". Esta identificación contempló la identificación y análisis de las principales características del poblamiento y las tendencias de movilidad, tasas de natalidad y mortalidad, estructura de la población y el índice de necesidades básicas insatisfechas.

El desarrollo del componente demográfico se realizó a partir de la revisión de fuentes de información secundaria del orden nacional, como las últimas proyecciones de población del DANE según los datos de CNPV 2018, información relacionada con tendencias de movilidad obtenidas de bases de datos de las fichas de caracterización territorial del Departamento Nacional de Planeación - DNP. Para las unidades territoriales

---

se desarrolló además con base en la ficha comunitaria diligenciada con los líderes comunitarios, en los cuales se aborda características demográficas, tendencias de movilidad y dinámica de poblamiento.

#### 2.5.5.4.2 Componente espacial

El componente espacial hace alusión a la relación entre el ser humano y la infraestructura social que le permite el acceso a condiciones mínimas de calidad de vida, caso de las infraestructuras asociadas con servicios públicos, además de servicios sociales como educación, salud, vivienda.

El análisis se originó en la información obtenida de bases de datos de instituciones públicas que manejen datos estadísticos relacionados con el acceso a servicios públicos (fichas territoriales DNP, planes de desarrollo departamental y municipal, Ministerio de Salud, de Educación, de Vivienda). Estos datos permitieron identificar el estado actual de la cobertura institucional.

Para las unidades territoriales menores se realizó a partir del reconocimiento en campo de la infraestructura social y comunitaria existente en la zona. Esta información se complementó con los datos obtenidos en el ejercicio de ficha comunitaria y en los datos disponibles en las fichas territoriales del DNP.

#### 2.5.5.4.3 Componente económico

El desarrollo del componente económico se realizó a partir del análisis de las dinámicas sectoriales que hacen presencia a nivel regional y local, respecto a los medios de producción y la estructura de la propiedad. Esta información se complementó con la identificación y análisis de las actividades productivas representativas de cada comunidad y que son su fuente de ingreso primario.

Se partió del análisis de información generada por bases de datos de instituciones públicas (IGAC, fichas departamentales y municipales del Departamento de Planeación Nacional, Ministerio de Agricultura, Sistemas de Información Minero Energético de Colombia, Planes de Desarrollo Departamental y Municipal). Estos datos permitieron estructurar una dinámica económica representativa respecto a los medios de producción

económica, los niveles de empleabilidad y las tendencias de desarrollo de los diferentes sectores de la economía regional y local.

Para las unidades territoriales menores, se realizó una caracterización que permitió describir la dinámica económica de las comunidades residentes en la zona de interés del proyecto, buscando definir el tipo de economía (formal, informal, de subsistencia), los medios de ingresos de las familias y las tendencias de desarrollo puntual.

#### 2.5.5.4.4 Componente cultural

Se identificaron y analizaron las dinámicas propias que representan los valores y tradiciones locales, marcados por una serie de elementos propios que se transmiten en de generación en generación. El análisis del componente cultural permitió identificar aquellos elementos representativos de cada comunidad y su importancia como elemento de construcción social.

El ejercicio se abordó desde el reconocimiento de las principales dinámicas significativas de la cultura representativa de la región. Este análisis se fundamentó en aquellos estudios realizados por parte de entidades públicas buscando evidenciar hitos históricos y trascendentales en las dinámicas de poblamiento y de expresiones culturales a nivel local y regional.

Para las unidades territoriales menores, este análisis partió del reconocimiento de los principales momentos de expresión colectiva relacionados con el patrimonio cultural local, los sitios de importancia histórica y de significado religioso que generen sentido de pertenencia por el territorio y las expresiones de sus pobladores. Esta información se consultó de fuentes secundarias como lo son las bases de datos del Ministerio de Cultura, del Instituto Colombiano de Antropología e Historia - ICANH, así como de los planes de desarrollo regional y local.

##### 2.5.5.4.4.1.1 Comunidades étnicas

Según la información del Ministerio del Interior (ANEXO D3), no hay existencia de comunidades étnicas reconocidas en la zona de influencia del proyecto en cuestión.

#### 2.5.5.4.5 Componente político-organizativo

El componente político organizativo hace alusión a la identificación de las principales dinámicas asociadas con la presencia de la institucionalidad pública y privada en la zona de interés del proyecto. Para su análisis fue necesario realizar un reconocimiento de aquellos entes de orden nacional, regional y local, que desarrollan su quehacer o ejecutan proyectos que promuevan el desarrollo local.

Con relación a la dinámica política, esta se abordó a partir del análisis de la distribución del poder político en la zona, datos originados por los resultados de los comisos electorales a nivel local y regional. Dicha interpretación de políticas públicas se realizó partir de la consulta de fuentes de información secundaria de entidades públicas, así como del contexto disponible según los medios de comunicación disponibles.

##### *2.5.5.4.5.1.1 Aspectos político-administrativos*

Este elemento se elaboró a partir de la descripción de la dinámica de distribución del poder político y su influencia en el desarrollo local y regional. Para determinar la situación actual y futura de estos aspectos se emplearon los diferentes resultados disponibles de los comisos electorales, el análisis del contexto sociopolítico y la revisión de informes de ejecución y planes de desarrollo y ordenamiento territorial.

##### *2.5.5.4.5.1.2 Presencia institucional y organización comunitaria*

La presencia institucional se convierte en un elemento de análisis significativo, ya que puede evidenciar el grado de acción y/o dependencia de un territorio y sus comunidades frente a la satisfacción de las necesidades de las comunidades tanto a nivel regional, como local, este análisis se desarrolló a través de la identificación de las instituciones públicas y privadas que ejecuten programas específicos dirigidos al beneficio e intervención de la población asentada en la zona de interés del proyecto.

La organización comunitaria es una expresión de mecanismos de participación en búsqueda de defender derechos colectivos y la búsqueda del desarrollo. Esta institucionalidad muestra el grado de cohesión de una determinada comunidad y su representatividad manifiesta los intereses primarios de la sociedad. Es así como se

identificaron y describieron los principales espacios de participación social y comunitaria como expresión del interés de la población asentada en la zona.

#### 2.5.5.4.6 Tendencias de desarrollo

Las tendencias de desarrollo se analizaron a partir de la integración de todos los componentes objeto de caracterización, visualizando su proyección por parte de las dinámicas propias del territorio expuestas en los diferentes instrumentos de planeación de las entidades que hacen presencia en el territorio. Este análisis permitió contextualizar la situación actual y la tendencia futura del territorio y su posible relacionamiento con el desarrollo del Proyecto.

#### 2.5.5.5 Información de población a reasentar

---

De acuerdo con las características del Proyecto y su diseño de ubicación de infraestructura, No se identifica la necesidad de generar procesos de reasentamiento no voluntario de población.

#### 2.5.5.6 Componente Arqueológico

---

En la etapa de elaboración del estudio de impacto ambiental se desarrolló el Programa de Arqueología Preventiva para el polígono general y polígonos específicos correspondiente al área de influencia del proyecto: "*Programa de Arqueología Preventiva para el proyecto Fotovoltaico Shangri-La, Ibagué – Piedras Tolima*", el cual cuenta con la Resolución N°647 del 26 de mayo de 2021, y, "*Programa de Arqueología Preventiva para el Proyecto Línea de Transmisión a 230 kV Shangri-La Miro lindo, Ibagué (Tolima)*" el cual cuenta con la Resolución N°1180 del 2 de septiembre de 2021, los cuales aprueban el registro del Programa de Arqueología Preventiva, en cumplimiento de lo establecido en la Constitución Política de Colombia la cual en los artículos 63 y 72 estipula que el Patrimonio es inalienable, imprescriptible e inembargable. El artículo 8° y 1°, numeral 5 de la Ley General de Cultura 397 de 1997 menciona que es obligación del estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación, además se determina en el parágrafo cuatro, Artículo 55 Título IV, del decreto 763 de 2009.

De acuerdo con el Instituto Colombiano de Antropología e Historia, las Fases para desarrollar un Programa de Arqueología Preventiva son:

- Registro del Programa de Arqueología Preventiva
- Fase de Diagnóstico y Prospección
- Fase de Aprobación de Plan de Manejo Arqueológico
- Fase de Implementación de Plan de Manejo Arqueológico
- Fase de Arqueología Pública

Para el logro de los objetivos de la caracterización del componente arqueológico y el cumplimiento de los términos de referencia tanto de los Programas de Arqueología Preventiva como de los Estudios de Impacto Ambiental, se realizó un diagnóstico de la zona a intervenir, se propuso la metodología a implementar en la Fase de Prospección Arqueológica del Programa de Arqueología Preventiva junto con la zonificación preliminar, el cual fue aprobado por parte del Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH. El documento de la fase de Diagnóstico Arqueológico tiene el radicado asociado N°4697 del 29 de junio de 2021 resolución N°647 del 26 de mayo de 2021 para el parque fotovoltaico y, el radicado N°7686 del 14 de octubre de 2021 resolución N°1180 del 2 de septiembre de 2021 para la línea, en estos se concluye que:

1. En la región se han registrado contextos arqueológicos domésticos, rituales, funerarios, basureros, caminos y zonas de riego, en los que se ha encontrado cerámica, líticos, restos óseos de fauna, restos óseos humanos y semillas.
2. El material se registra generalmente hasta una profundidad máxima de 40 cm, con una distancia promedio de 30 m entre yacimientos, los cuales se concentran en terrazas abiertas y abrigos rocosos.
3. Las ocupaciones más tempranas en la región datan de hace 10.000 a.C., y se han clasificado en 5 periodos: cazadores, recolectores y horticultores (10.000 a.C. – 1.000 a.C.), Formativo (1.000 a.C – 0), Clásico regional (0 – 800 d.C.), Tardío (800 d.C. – 1.500 d.C.), Conquista y Colonia.

4. De acuerdo con la revisión de antecedentes el polígono general está en una zona de potencial arqueológico ALTO, sin embargo, dicho potencial puede verse afectado por dinámicas de erosión de las superficies, o actividades antrópicas modernas.
5. La metodología de prospección que se implementará en los polígonos específicos que corresponden al área de la planta es la siguiente:

Se iniciará con observaciones y descripciones del paisaje, seguidas de inspecciones superficiales de toda el área, las cuales se harán de manera lineal cada 2 m.

A continuación, se excavarán muestreos de 50x50 cm, con profundidades variables, distribuidos en cuadrícula cada 30 m. En caso de registrar material, se realizarán pruebas de barreno con el propósito de definir la profundidad de las evidencias. Todos los muestreos serán geo-referenciados, y la información se consignará en fichas de registro. También se hará la revisión de antecedentes necesaria, y se indagará con los habitantes sobre posibles hallazgos arqueológicos en la zona. El material encontrado en campo será registrado, recolectado y embalado adecuadamente. Una vez en laboratorio se procederá a hacer la clasificación y análisis de cada tipo de material de acuerdo con los respectivos protocolos.

En caso de hallar evidencias arqueológicas durante la prospección, se deberán realizar todas las actividades necesarias para delimitar la distribución del material, tanto vertical como horizontalmente, y así lograr proponer medidas de manejo adecuadas y suficientes para la salvaguarda del patrimonio arqueológico.

6. La metodología de prospección que se implementará en los polígonos específicos que corresponden al área de la línea es la siguiente:

Se iniciará con observaciones y descripciones del paisaje, seguidas de inspecciones superficiales de toda el área, las cuales se harán de manera lineal cada 2 m.

A continuación, se excavarán muestreos de 50x50 cm, con profundidades variables, distribuidos en cuadrícula cada 3 m, en cada área a prospectar, lo que incluye los 80 polígonos específicos -puntos de torre- y el polígono específico de la subestación. En los 80 puntos donde van a estar emplazadas las torres y donde se va a hacer intervención del suelo, se crea un buffer de máximo de 5mx5m desde el punto central de la torre;

para el polígono específico del tramo subterráneo, los pozos de sondeo o pruebas de pala será de 10 m lineales.

En caso de registrar material, se realizarán pruebas de barreno con el propósito de definir la profundidad de las evidencias. Todos los muestreos serán geo-referenciados, y la información se consignará en fichas de registro. También se hará la revisión de antecedentes necesaria, y se indagará con los habitantes sobre posibles hallazgos arqueológicos en la zona. El material encontrado en campo será registrado, recolectado y embalado adecuadamente. Una vez en laboratorio se procederá a hacer la clasificación y análisis de cada tipo de material de acuerdo con los respectivos protocolos.

En caso de hallar evidencias arqueológicas durante la prospección, se deberán realizar todas las actividades necesarias para delimitar la distribución del material, tanto vertical como horizontalmente, y así lograr proponer medidas de manejo adecuadas y suficientes para la salvaguarda del patrimonio arqueológico.

7. La zonificación arqueológica preliminar propuesta se desarrolló a partir del "análisis de la caracterización ambiental del Área de Influencia del Proyecto". Esto permitirá obtener una síntesis del diagnóstico y una visión espacial global de las condiciones abióticas, bióticas, socioeconómicas y culturales, que puede ofrecer el área de estudio, donde se deben determinar claramente la potencialidad, fragilidad y sensibilidad ambiental y cultural". Con base en esta información se determinó que el polígono y polígonos específicos que se intervendrán para las labores de prospección se clasifica como "una zona de ALTO POTENCIAL ARQUEOLÓGICO".

### **Fase de campo**

Con la metodología de prospección implementada, se logró realizar un muestreo de cobertura espacial de cerca del 19 de los 21 lotes que corresponde a los 3 polígono específicos que hacen parte del polígono general del parque, predios Gascoña (8, 9, 10, 11, 12 y Servidumbre), El Reposo (1A, 1B, 1C, 2B, 2C, 3A, 3B, 12A, 12B, 13, 20C, Casa JF) y Miragatos (Hato de opia), áreas que serán impactadas por la obra del proyecto, se realizaron pozos de sondeo de 50cm<sup>2</sup> con profundidades variables, hasta llegar al horizonte de suelo C, Este horizonte fue hallado en ocasiones en niveles muy superficiales, debido a la fuerte alteración a la que ha estado expuesta la zona, ya que

ha sido usada para actividades agrícolas (cultivo de arroz), dichos pozos de sondeo tuvieron distancias interlineales cada 30m.

La prospección fue realizada durante cuatro temporadas de campo, en la primera temporada de campo (8/06/2021 al 23/06/2021) se realizaron 1583 pozos de sondeo, con distancia interlineales cada 30 m, en la segunda temporada de campo (11/08/2021 al 14/08/2021) se realizaron 284 pozos de sondeo con distancias interlineales cada 30 m, en la tercera temporada de campo (26/08/2021 al 01/09/2021) se realizaron 479 pozos de sondeo, y, en la cuarta temporada (26/09/2021 al 01/10/2021) se realizaron 250 pozos de sondeo. En el área se realizaron 2596 pozos de sondeos, los cuales arrojaron resultados negativos, además de los recorridos en toda la zona buscando posibles sitios arqueológicos, o material cultural, sin embargo, no se encontró material cultural en ninguna de las inspecciones superficiales realizadas en los polígonos específicos de intervención y, durante la ejecución de los pozos de sondeo.

Las actividades de prospección arqueológica en la línea de transmisión se realizaron en la cuarta temporada, se dividen en tres sectores: línea sector rural, línea sector predio policía y línea sector separador vial variante. En esta se realizaron 30 pozos de sondeo y 37 puntos de observación con resultados negativos.

### 2.5.6 Servicios ecosistémicos

---

La metodología implementada para la ejecución de este componente se desarrolló en cumplimiento con los Términos de referencia para la elaboración de Estudio de Impacto Ambiental para proyectos de uso de energía solar fotovoltaica (TDR-015) y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (2018), expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADSS. Dentro de este contexto la metodología se planteó según lo descrito a continuación:

De acuerdo con la introducción y firma de Colombia del convenio de biodiversidad biológica en el año 2003, se adquiere una responsabilidad en torno al manejo y conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos del territorio nacional. Debido a lo anterior el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible desarrolla la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), con el fin de articular todo el Sistema Ambiental Nacional a estos dos conceptos y tener las herramientas para su respectivo manejo y control (MADS, 2012).

Los servicios ecosistémicos son el conjunto de procesos y funciones de los ecosistemas que el ser humano reconoce como beneficios directos o indirectos de tipo ecológico, económico o cultural. Se reconocen cuatro tipos de servicios: aprovisionamiento, regulación, soporte y cultural (CIFOR, 2006).

Según lo dicho, los servicios de aprovisionamiento comprenden el conjunto de bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas para la supervivencia, uso y consumo. En cuanto a los servicios de regulación, son aquellos que resultan de los procesos que se llevan a cabo dentro de los ecosistemas. Por otro lado, los servicios de soporte Incluyen los procesos ecológicos que son necesarios para la existencia y mantenimiento de los demás servicios ecosistémicos (MAVDT, 2008). Por último, los servicios culturales son los que agrupan aquellos beneficios intangibles e inmateriales que los ecosistemas ofrecen al ser humano (Millenium Ecosystem Assessment –en adelante MEA-, 2005 & MADS, 2012) (Figura 2.5-77).

Ibagué y Piedras (Tolima)

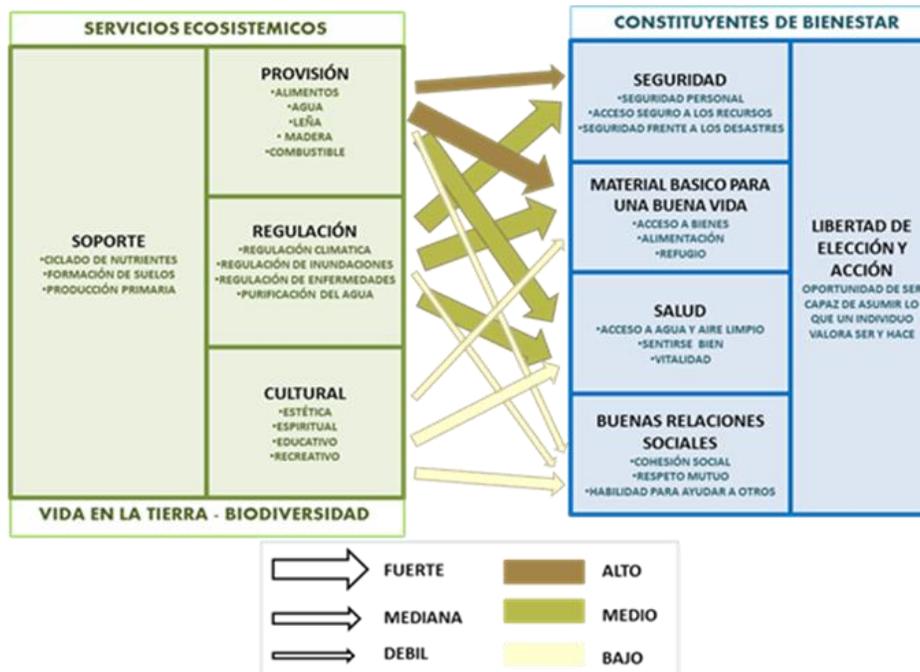


Figura 2.5-77. Integración entre los Servicio Ecosistémicos y el Bienestar Humano.

En el siguiente apartado se describen las metodologías que se abordaron en la etapa pre- campo, campo y post- campo para la caracterización de los servicios ecosistémicos dentro del área de influencia del proyecto. Estas metodologías están basadas principalmente en los trabajos adelantados por el grupo Millenium Ecosystem Assessment (MEA) y la Corporación Financiera Internacional (IFC), las cuales proporcionan información relevante para el manejo y caracterización integral de los servicios prestados por los ecosistemas, además de las relaciones directas e indirectas de los proyectos de gran envergadura sobre la integridad de los servicios ecosistémicos.

#### 2.5.6.1.1 Pre-campo

Se realizó una revisión de información secundaria del área de influencia preliminar (Tabla 2.5-73), con el propósito de identificar la presencia de centros poblados, usos del suelo y/o actividades económicas y así establecer posibles puntos de recolección de información e identificar los posibles servicios ecosistémicos en el área de influencia del proyecto. En esta fase se llevó a cabo la elaboración del instrumento de recolección de

datos (encuesta semiestructurada) asociada a la identificación de los cuatro servicios de análisis: Aprovechamiento, Soporte, Regulación y Culturales

**Tabla 2.5-73. Documentos Consultados de los Municipios al Interior del Área de Influencia.**

Departamento	Municipio	Documento
Tolima	Ibagué – Piedras	Proyecto de Ordenanza Plan de Desarrollo departamental "El Tolima nos une" 2020-2023
Tolima	Ibagué	Plan de desarrollo municipal "Ibagué vibra 2020-2023"
Tolima	Ibagué	Plan de desarrollo: Corregimiento 14 Buenos Aires. ¡Para un mejor futuro! 2012 – 2015
Tolima	Ibagué	Plan de desarrollo: Corregimiento 14 Buenos Aires. "Para un mejor futuro agroindustrial y turístico" 2016-2019
Tolima	Ibagué	Plan de desarrollo: "Unidos por la grandeza del Tolima 2012-2015": Estadísticas 2011-2014. Ibagué.
Tolima	Ibagué	Plan de desarrollo: Corregimiento 16 Totumo "Por la exaltación turística y el progreso" 2016-2019.
Tolima	Piedras	Plan de desarrollo municipal 2020 – 2023 "Piedras productiva & emprendedora ¡El momento es ahora!"
Tolima	Piedras	Plan de desarrollo: "Unidos por la grandeza del Tolima 2012-2015": Estadísticas 2011-2014. Piedras

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

### 2.5.6.1.2 Campo

El objetivo principal de esta fase fue el análisis de la caracterización específica de los servicios ecosistémicos, la información primaria obtenida de la comunidad resulta fundamental, ya que son los beneficiarios directos y conocen el estado actual de los SSEE identificados.

Para el levantamiento de la información primaria se desarrolló una serie de encuestas con las que se pudo determinar los SSEE presentes en el área de influencia, el estado y la dependencia de la comunidad respecto a los bienes y servicios ecosistémicos identificados. Dichas encuestas se realizaron tanto a pobladores como a turistas (entendidos estos últimos, como aquella población fluctuante no residente dentro del área). (Anexo D.5 Servicios Ecosistémicos). En la Figura 2.5-78 se presenta un ejemplo de los formatos de encuestas diligenciados en campo.

Ibagué y Piedras (Tolima)

FORMATO DE IDENTIFICACIÓN DE SERVICIO ECOSISTÉMICOS (Estudio de impacto ambiental - Proyecto fotovoltaico Shangri-la)										Id. Encuesta	E1		
NOMBRE DEL PROFESIONAL:		Jefferson Albino.						Fecha	21/07/2021				
NOMBRE DEL ENCUESTADO:		Alfonso Chacón		EDAD	64 años.			Tiempo viviendo en la región	0-10 años.				
COORDENADAS:		Norte	1045413, 21		DEPARTAMENTO	Tolima			Residente.				
		Este	4763365, 59		MUNICIPIO	Ibagué							
		Cota			VEREDA	Picaleña.							
CATEGORÍA DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	SERVICIO ECOSISTÉMICO	Identificación dentro del área (Marque con una x)		Estado del Servicio (Marque con una x)			Dependencia de la comunidad (Marque con una x)			¿Cree usted que el proyecto afectaría este servicio?			¿De dónde se obtiene el servicio? (Cobertura de la tierra - Lugar)
		Si	No	Bueno	Regular	Deteriorado	Alta	Media	Baja	Si	No	No sabe	
Aprovisionamiento	Agua	X			X		X				X		Ríos, lagunas
	Arena y roca		X										
	Madera	X			X			X				X	Bosque
	Carne y pieles		X										
	Plantas medicinales		X										
	Avicultura	X		X				X			X		La catimba
	Pesca y acuicultura		X										
	Ganadería	X			X			X				X	Postos
Agricultura	X			X			X			X		Arroz, caña.	
Otro servicio identificado (especificar)		X											
Soporte	Provisión para el establecimiento de ganadería, agricultura y madera	X			X			X			X		Postos. Cultivos.
	Provisión de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas	X											
	Dispersión de semillas y polinización		X										
Regulación	Control de la erosión	X			X				X			X	Bosques.
	Regulación del clima local/regional	X			X				X			X	Bosques.
	Ecosistemas de purificación de agua	X					X		X			X	Cuerpos de agua.

Figura 2.5-78. Formato de encuestas de servicios ecosistémicos.

Teniendo en cuenta lo anterior se desarrollaron 20 encuestas de servicios ecosistémicos entre los días 21 y 22 de julio de 2021. En la Figura 2.5-79 se presenta la distribución de las encuestas realizadas y en la Fotografía 2.5-36 se evidencia la realización de encuestas a pobladores de la zona.

Ibagué y Piedras (Tolima)

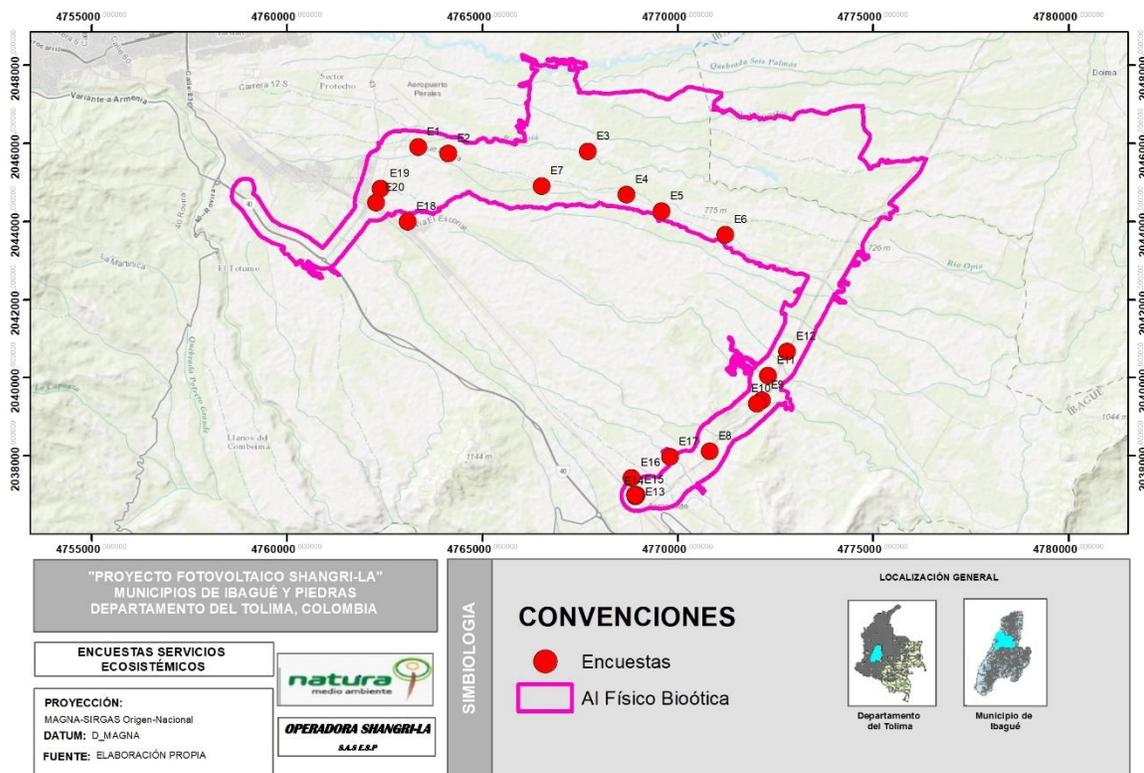


Figura 2.5-79. Distribución de encuestas de servicios ecosistémicos dentro del área de influencia del proyecto

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

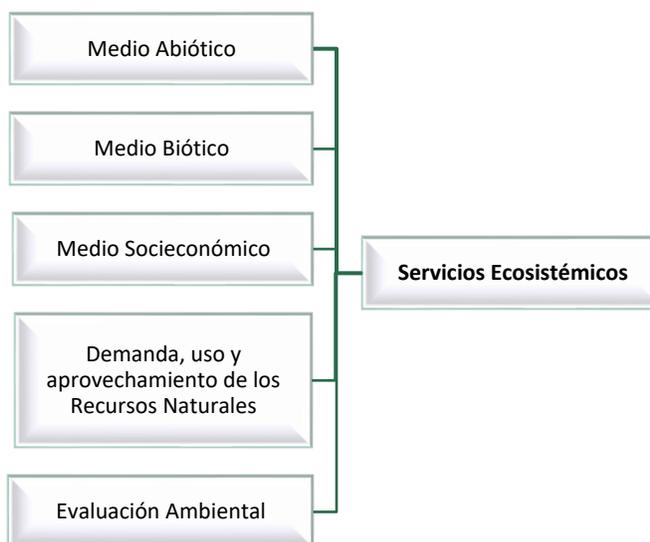


Fotografía 2.5-36. Realización de encuestas de servicios ecosistémicos.

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

### 2.5.6.1.3 Post-campo

En esta fase se realizó la caracterización de los servicios ecosistémicos del área de influencia mediante la compilación de información obtenida en campo (encuestas semiestructuradas), información contenida en la línea base del presente estudio: Medio Abiótico (geomorfología, hidrología, atmosfera y suelos), Medio biótico (cobertura de la tierra, ecosistemas y fauna), Medio Socioeconómico (dimensión cultural, económica y demográfica), Demanda, uso y aprovechamiento de los recursos naturales y Evaluación Ambiental, (**Figura 2.5-80**).



**Figura 2.5-80. Integración entre los componentes del estudio para la identificación de los Servicios ecosistémicos.**

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

El procesamiento y análisis de la información compilada permitió identificar y cuantificar en el Área de influencia del proyecto los servicios ecosistémicos y sus posibles beneficiarios.

## Definición de Unidad Mínima de Análisis

La unidad mínima de análisis (UMA) para el presente componente estuvo conformada por las coberturas de la tierra, los cuales fueron identificados y presentados en el componente flora.

## Identificación de los Servicios Ecosistémicos

La identificación de los Servicios ecosistémicos dentro del área de influencia se hizo de acuerdo con lo establecido por Millenium Ecosystem Assesment - (MEA, 2003), en cuatro categorías como se describe a continuación en la Tabla 2.5-74.

**Tabla 2.5-74. Categorías de los Servicios Ecosistémicos.**

Servicio	Descripción
<b>Aprovisionamiento</b>	Agrupar todos aquellos servicios, incluidos bienes y productos, que se obtienen directamente de los ecosistemas a manera de provisión para su beneficio. Así, se incluyen como servicios de aprovisionamiento entre otros, el uso del recurso hídrico, de maderas, fibras y resinas, alimentos provenientes de las actividades agropecuarias, productos provenientes de la pesca, y todos aquellos elementos de los que se abastece el ser humano para sus actividades cotidianas.
<b>Regulación</b>	Corresponden a los servicios derivados de los procesos ecosistémicos, es decir todos aquellos productos del flujo, interrelaciones e interacciones entre los diferentes componentes de los ecosistemas. Dentro de los servicios de regulación se encuentran entonces los procesos de regulación del clima, mantenimiento de la calidad del aire, purificación del agua, control de la erosión, control de inundaciones, aporte de materia orgánica y retención de nutrientes, entre otros procesos que influyen en las condiciones de bienestar del ser humano.
<b>Soporte</b>	Incluyen todos aquellos procesos ecológicos que cimientan y sustentan el funcionamiento y aprovisionamiento de los demás servicios ecosistémicos, y que dependen de manera directa de su existencia. En este sentido, dicha categoría agruparía procesos como la dispersión de semillas y polinización, la conectividad ecológica, la provisión física para el establecimiento de ganadería y agricultura, y la oferta de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas, fundamentales para mantener la biodiversidad, los ecosistemas y los demás servicios asociados a estos.

Servicio	Descripción
<b>Culturales</b>	Esta categoría abarca todos aquellos beneficios no materiales e intangibles que se reciben por parte de los ecosistemas, bien sea a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la identidad cultural y las experiencias estéticas. Dentro de esta categoría se incluye además la recreación, el turismo, y la apreciación visual de los paisajes, como un conjunto de elementos naturales que brindan satisfacción y disfrute del entorno.

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

Dicha información se recolectó de manera conjunta con los actores que intervienen en los ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto, ya que son ellos quienes se benefician directa e indirectamente de los servicios prestados por los ecosistemas.

Para esto, se utilizó la encuesta en relación al servicio con descripciones cortas haciendo mención a diversos servicios ecosistémicos por categoría como: recurso hídrico, alimentos por actividades agrícolas (cultivos), alimentos por actividades pecuarias (ganadería y avicultura), productos comestibles de animales silvestres (caza o pesca), productos comestibles (plantas silvestres), plantas medicinales, madera, fibras (algodón, seda, lana, etc.), provisión física para el establecimiento de la ganadería, agricultura y/o madera, dispersión de semillas y polinización, control de erosión, control de deslizamientos o reducción de inundaciones, regulación clima (absorción y almacenamiento de carbono), purificación del agua, entorno para actividades culturales y recreativas, belleza escénica, fiestas culturales, turismo, herencia, arraigo y legado, dando a su vez la posibilidad de reconocer otro servicio.

### **Determinación del estado de los SSEE Identificados**

El análisis de la información contenida en los medios abiótico, biótico y socioeconómico permitió identificar el estado de los servicios de aprovisionamiento, soporte, regulación y culturales identificados en el área de influencia sin intervención del proyecto.

En este numeral se hace énfasis en la información disponible sobre la capacidad de los ecosistemas identificados en el área de influencia para proveer de los distintos bienes o servicios ecosistémicos.

### **Cuantificación de los Usuarios de Cada Uno de los Servicios Ecosistémicos Identificados**

Una vez reconocidos los servicios ecosistémicos dentro del área de influencia, se identificó el número de usuarios para cada SSEE, dicha información fue obtenida de la caracterización realizada en el medio socioeconómico información recolectada en campo, respecto a la estructura de la población, correspondiente a la población total en cada unidad territorial presente en el área de influencia.

### **Determinación de la dependencia de los beneficiarios ante los servicios ecosistémicos.**

El análisis de la dependencia de la comunidad y/o beneficiarios y la relación de los posibles usuarios de los servicios ecosistémicos, se realizó partiendo de la información compilada en campo y en el componente demográfico del estudio y/o fuentes secundarias de información como la provista por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la cual suministra las estadísticas de la Demografía y población a nivel nacional. Dicho análisis de la dependencia de la comunidad y del proyecto frente a los servicios ecosistémicos, se realizó partiendo de los criterios que se mencionan en la Tabla 2.5-75.

**Tabla 2.5-75. Dependencia de los beneficiarios ante los servicios ecosistémicos.**

<b>Dependencia</b>	<b>Descripción</b>
Dependencia alta	Los medios de subsistencia de la comunidad dependen directamente del servicio ecosistémico.
Dependencia media	La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directamente del mismo.
Dependencia baja	La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directa ni indirectamente del mismo; existen múltiples opciones para el aprovechamiento del servicio ecosistémico.

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

### Determinación de la dependencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos.

A partir de información consignada, Demanda, uso, aprovechamiento de Recursos Naturales, se realizó un análisis con el fin de determinar la dependencia de las actividades del proyecto respecto a los servicios ecosistémicos identificados previamente. Los impactos generados por las actividades asociadas a la ejecución del proyecto sobre los SSEE presentes en el área de influencia, se determinaron teniendo en cuenta la identificación y evaluación de impactos, considerando así mismo las características específicas del proyecto, así como los recursos a utilizar que puedan afectar los ecosistemas. El análisis de la dependencia del proyecto frente a los servicios ecosistémicos se realizó partiendo de los criterios que se mencionan en la Tabla 2.5-76

**Tabla 2.5-76. Dependencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos.**

Dependencia	Descripción
Dependencia alta	Las actividades que hacen parte integral y central del proyecto requieren directamente del servicio ecosistémico.
Dependencia media	Algunas actividades secundarias asociadas al proyecto dependen directamente del servicio ecosistémico, pero podría ser reemplazado por un insumo alternativo.
Dependencia baja	Las actividades principales o secundarias no dependen directamente del servicio ecosistémico.

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

### Determinación de la tendencia de los servicios ecosistémicos

Para la determinación de la tendencia de los servicios ecosistémicos identificados en el área de influencia del proyecto, se siguieron los criterios descritos en la Tabla 2.5-77:

**Tabla 2.5-77. Tendencia de los servicios ecosistémicos.**

Categoría	Descripción
Creciente	La proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es ascendente.
Estable	La proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico se mantiene en el nivel registrado actualmente.
Decreciente	La proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es descendente.

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

**Determinación de la incidencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos.**

A partir de la información consignada en la Evaluación Ambiental, se determinó la incidencia del proyecto sobre los servicios ecosistémicos identificados en el área de influencia. Finalmente, con el objetivo de integrar los resultados obtenidos se presentó la información según lo indicado en la Tabla 2.5-78.

**Tabla 2.5-78. Relación de los servicios ecosistémicos y la dependencia de las comunidades y el proyecto.**

Categoría	Servicio Ecosistémico	Dependencia del proyecto del	Usuarios del SSEE (Número de	Dependencia de las comunidades	Tendencia del SSEE	Impacto del proyecto en el SSEE
Aprovisionamiento	Recurso Hídrico					
	Cultivos					
	Ganadería					
	Avicultura					
	Productos comestibles de animales (Caza o pesca)					

Categoría	Servicio Ecosistémico	Dependencia del proyecto del	Usuarios del SSEE (Número de	Dependencia de las comunidades	Tendencia del SSEE	Impacto del proyecto en el SSEE
	Madera					
Soporte	Provisión física para el establecimiento de la ganadería, agricultura y madera.					
	Provisión de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas					
	Dispersión de Semillas y Polinización.					
Regulación	Regulación del Clima					
	Purificación del agua					
	Control de erosión					
	Control de deslizamientos o reducción de inundaciones					
Culturales	Belleza escénica					
	Entorno para actividades religiosas, espirituales o sagradas					
	Entorno para actividades culturales y recreativas					

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

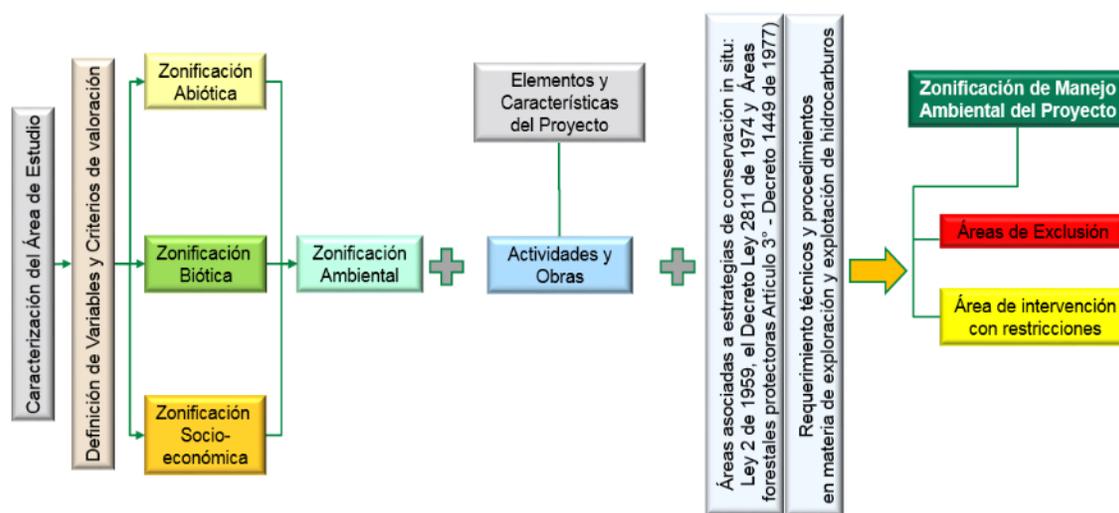
Una vez se identificaron y analizaron los SSEE presentes en el área de influencia del proyecto, se procedió a realizar el mapa de la distribución de los servicios ecosistémicos, para lo cual se utilizó la capa de coberturas del presente estudio y se asociaron los servicios y bienes identificados.

## 2.5.7 Zonificación ambiental y de manejo

La elaboración de los productos relacionados con la zonificación ambiental y de manejo; así como los procedimientos y lineamientos generales se basaron en la Guía para la Elaboración de Estudios Ambientales – Zonificación Ambiental de Ecopetrol (2014).

La zonificación ambiental del área donde se localiza el proyecto busca integrar en el espacio las principales características de los componentes ambientales que identifican o determinan el comportamiento de los medios biótico, abiótico, socioeconómico y cultural, en donde se analiza por separado cada medio determinando el grado de susceptibilidad a los cambios o alteraciones que pueden generarse por el desarrollo de las actividades del presente proyecto.

Con base en la aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se cruzó o se superpuso la información contenida en los mapas intermedios para obtener la zonificación ambiental final del área de influencia en un mapa síntesis (Figura 2.5-81).



**Figura 2.5-81. Esquema Metodológico de la Zonificación Ambiental para el área de influencia del Proyecto**

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

La zonificación de manejo será el resultado de integrar al análisis, la aptitud del territorio para el desarrollo de las actividades previstas, identificando las posibles restricciones que se pueden presentar, con el fin de implementar un proceso de planificación ambiental para la actividad.

### 2.5.7.1 Sensibilidad Ambiental

Capacidad intrínseca del elemento natural, comunidad o ecosistema que lo hace más o menos susceptible de ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas a él. Se manifiesta en el nivel de tolerancia, estabilidad o resiliencia ante determinada intervención generada por una condición o acción exógena. Siendo más sensible aquel que es alterado con una leve intervención o modificación, presentando mayores dificultades para recuperarse o volver a su estado original. En la Tabla 2.5-79, se detalla la calificación y se describen las diferentes categorías de sensibilidad.

**Tabla 2.5-79. Descripción y Calificación de la Sensibilidad Ambiental**

SENSIBILIDAD	VALOR	DESCRIPCIÓN
MUY ALTA	5	<p>Elemento natural, comunidad o ecosistema muy susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son muy intolerantes a la perturbación con muy baja o ninguna capacidad de recuperación en el largo plazo. Dentro de ellos se pueden mencionar los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Áreas de especial significado ambiental:</b> Áreas naturales protegidas, ecosistemas sensibles, rondas.</li> <li>✓ <b>Corredores biológicos:</b> Zonas con especies endémicas, amenazadas o en peligro crítico, áreas de cría, reproducción, alimentación y anidación, zonas de paso de especies migratorias.</li> <li>✓ <b>Áreas de importancia sociocultural:</b> Asentamientos humanos, infraestructura física y social (equipamiento), infraestructura de importancia histórica, arqueológica y cultural.</li> </ul>

Ibagué y Piedras (Tolima)

SENSIBILIDAD	VALOR	DESCRIPCIÓN
ALTA	4	<p>Elemento natural, comunidad o ecosistema susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son intolerantes a la perturbación con baja capacidad de recuperación en el largo plazo, en las que se deben adoptar medidas de manejo. Se reconocen en este nivel los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Áreas de recuperación ambiental:</b> Áreas erosionadas, de conflicto por uso del suelo o contaminadas.</li> <li>✓ <b>Áreas de riesgo y amenazas:</b> Áreas de deslizamientos e inundaciones.</li> <li>✓ <b>Áreas de producción económica:</b> Áreas agrícolas, mineras, entre otras.</li> <li>✓ <b>Resguardos y territorios colectivos</b> de comunidades étnicas minoritarias y reservas campesinas.</li> </ul>
MEDIA	3	<p>Elemento natural, comunidad o ecosistema moderadamente susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son moderadamente tolerantes a la perturbación con capacidad de recuperación en el mediano plazo, mediante la adopción de medidas de manejo.</p>
BAJA	2	<p>Elemento natural, comunidad o ecosistema poco susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes. Son tolerantes a la perturbación con buena capacidad de recuperación en el mediano plazo de forma natural.</p>
MUY BAJA	1	<p>Elemento natural, comunidad o ecosistema muy poco susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes. Son muy tolerantes a la perturbación con buena capacidad de recuperación en el corto plazo de forma natural.</p>

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

### 2.5.7.2 Interacción ente importancia y sensibilidad (matriz ponderada)

La interacción entre los diferentes niveles de importancia y sensibilidad ambiental determinaron los grados de la interrelación importancia / sensibilidad ambiental (I/S), los cuales al especializarlos definen la zonificación de cada variable. La relación importancia/sensibilidad ambiental se basó en la matriz ponderada que se presenta en la Tabla 2.5-80. Con esta matriz ponderada se cruzaron la importancia y sensibilidad de cada variable utilizada y se obtuvieron los mapas de cada componente.

Tabla 2.5-80. Matriz Ponderada de Interacciones Importancia / Sensibilidad Ambiental

	NIVEL DE SENSIBILIDAD	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
NIVEL DE IMPORTANCIA	Valor	5	4	3	2	1
Muy Alta	5	<b>MUY ALTA</b> (5,0)	<b>ALTA</b> (4,5)	<b>ALTA</b> (4,0)	<b>MEDIA</b> (3,5)	<b>MEDIA</b> (3,0)
Alta	4	<b>ALTA</b> (4,5)	<b>ALTA</b> (4,0)	<b>MEDIA</b> (3,5)	<b>MEDIA</b> (3,0)	<b>BAJA</b> (2,5)
Media	3	<b>ALTA</b> (4,0)	<b>MEDIA</b> (3,5)	<b>MEDIA</b> (3,0)	<b>BAJA</b> (2,5)	<b>BAJA</b> (2,0)
Baja	2	<b>MEDIA</b> (3,5)	<b>MEDIA</b> (3,0)	<b>BAJA</b> (2,5)	<b>BAJA</b> (2,0)	<b>MUY BAJA</b> (1,5)
Muy Baja	1	<b>MEDIA</b> (3,0)	<b>BAJA</b> (2,5)	<b>BAJA</b> (2,0)	<b>MUY BAJA</b> (1,5)	<b>MUY BAJA</b> (1,0)

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

#### 2.5.7.2.1 Indexación de variables temáticas (suma de máximos)

Con base en la definición de áreas homogéneas de cada uno de los componentes evaluados se superpusieron o integraron utilizando la suma de máximos. La Figura 2.5-82 apoyados en un SIG y con herramientas de geo-procesamiento, dando como resultado las zonificaciones intermedias, que reflejaron los niveles de importancia / sensibilidad (I/S) desde la perspectiva física, biótica y socioeconómica cultural. A partir de las

zonificaciones intermedias se repitió el mismo procedimiento de superposición para obtener la zonificación final.

Variable 1	2	3	+	Variable 2	2	4	+	Variable 3	2	2	=	Grado de (I/S) Resultante por suma de máximos	2	4
	1	4			3	2			1	5			3	5

**Figura 2.5-82. Esquema de Cruce de variables utilizando la suma por máximos**

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

### 2.5.8 Evaluación ambiental

El Impacto Ambiental (IA) se define como un "cambio en una o más características fisicoquímicas, ecológicas y socioeconómicas del entorno", se dice que hay IA cuando una acción o actividad humana produce una alteración favorable o desfavorable en alguno de los componentes del medio (CONESA, 2010).

Esta consideración lleva a establecer que los efectos generados por la ejecución de las actividades del proyecto son la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado y la situación del medio ambiente futuro tal como habría evolucionado normalmente sin la incidencia del proyecto; es decir, la variación neta (positiva o negativa de calidad ambiental). En la Figura 2.5-83 se observa la evolución de la calidad ambiental en el tiempo, tanto para el escenario sin proyecto, como para el escenario con proyecto (CONESA, 2010). La evaluación ambiental se desarrolla progresivamente partiendo de la identificación de los impactos existentes en el entorno (escenario sin proyecto), los cuales se presentan como consecuencia de la ejecución de las actividades que allí se desarrollan o por las condiciones naturales que rigen la zona. Posteriormente se realiza la respectiva valoración de estos efectos con respecto a los parámetros metodológicos propuestos para obtener los valores de importancia y se describen en términos de las correlaciones.

El escenario con proyecto se aborda de manera prospectiva identificando los efectos que son propensos a suceder, producto de la ejecución de las actividades inherentes al desarrollo del proyecto. Luego de esto, se obtienen los valores de importancia de la matriz cuyos efectos se describen según las correlaciones causa-efecto, se establecen los impactos significativos para el escenario con proyecto (Figura 2.5-83).

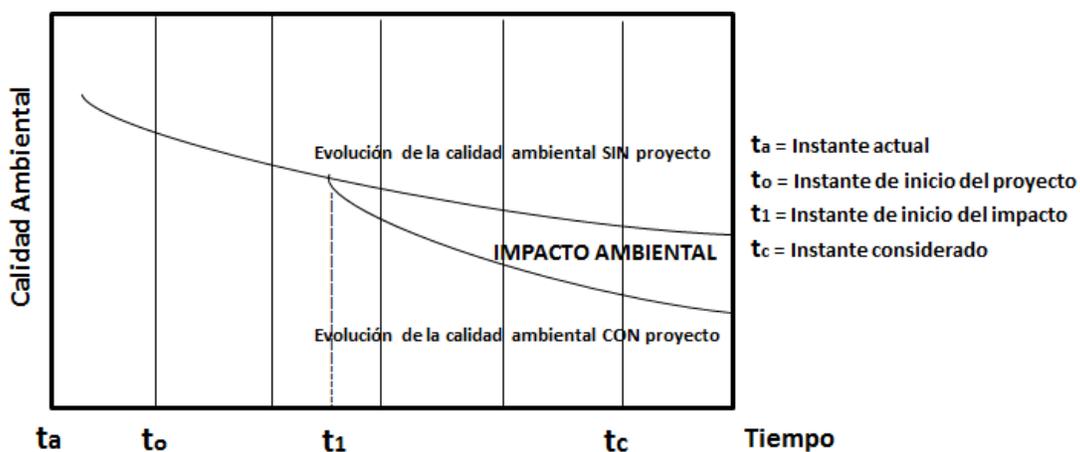


Figura 2.5-83. Principio general del impacto ambiental

Fuente: Conesa, 2010

### 2.5.8.1 Parámetros de calificación

Dado el carácter y variedad de condiciones y características que presentan los impactos ambientales que se hayan podido identificar en los dos escenarios, esta metodología fundamenta su evaluación en la calificación de la importancia y significancia de cada impacto. La calificación de los impactos ambientales se realizó por los profesionales encargados, en cada uno de los componentes y mediante la utilización de una escala de valores que determinan el grado o intensidad de la alteración que se podría estar generando con las actividades antrópicas actuales y con la construcción y operación del proyecto en el escenario futuro, para el Proyecto Fotovoltaico Shangri-La. Teniendo en cuenta esto, a continuación, se describen los parámetros considerados dentro de la metodología, junto con los grados de importancia o alteración que se pueden dar.

### 2.5.8.1.1 Carácter

Es una condición cualitativa que determina el sentido del cambio producido por una acción del proyecto sobre el ambiente. Puede ser positivo (1) cuando el impacto produce un efecto benéfico, o negativo (-1) cuando el impacto produce un efecto perjudicial para el componente.

### 2.5.8.1.2 Efecto

Se refiere a la forma cómo se manifiesta la relación Causa-Efecto sobre un elemento como consecuencia de una acción. Es directo o primario cuando la repercusión de la acción genera una consecuencia directa de ésta. El efecto es indirecto cuando su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario. La escala de valoración corresponde como sigue en la Tabla 2.5-81

**Tabla 2.5-81. Efecto de los impactos**

RANGOS DE EFECTO DEL IMPACTO (Relación Causa – Efecto)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
INDIRECTO	1	Cuando su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar como consecuencia secundaria de un efecto directo o primario.
DIRECTO	4	Cuando la repercusión se presenta como consecuencia primaria.

Fuente: Conesa, 2010

### 2.5.8.1.3 Magnitud

Se refiere al grado de trascendencia o incidencia de la acción sobre uno o más componentes ambientales. Se evalúa en una escala de 2 a 8.

En impactos negativos: La magnitud negativa se refiere a la gravedad o intensidad de la alteración (destrucción) producida como consecuencia de una acción sobre uno o más componentes ambientales del área de influencia.

En impactos positivos: La magnitud positiva hace referencia al grado de incidencia benéfica que presenta una acción. Tiene relación con el nivel de incremento o mejora de los valores socioambientales del entorno. A continuación, en la Tabla 2.5-82, se realiza

una descripción detallada de los parámetros de calificación de la metodología de Conesa (2010) que fueron adaptados y utilizados para la evaluación de impactos.

**Tabla 2.5-82. Magnitud de los impactos**

RANGOS DE MAGNITUD DEL IMPACTO (Gravedad- intensidad)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
BAJA	2	Efectos ambientales no significativos, es decir cuando las consecuencias del impacto generan modificaciones mínimas sobre el medio o la comunidad (menos de 100 SMLMV).
MEDIA	4	El efecto no es suficiente para poner en grave riesgo los recursos naturales o la comunidad. Cuando el impacto es benéfico se generan alteraciones moderadas en el entorno analizado; variación ambiental o económica mínima (entre 100 y 250 SMLMV).
ALTA	6	El efecto genera un deterioro o pérdida del ecosistema y/o la comunidad de índole intermedio. Cuando el impacto es positivo el beneficio ambiental o económico es considerado intermedio (entre 250 y 500 SMLMV).
MUY ALTA	8	El impacto afecta de manera significativa o grave los ecosistemas y/o el entorno sociocultural. Si el benéfico, el incremento o variación ambiental y/o económica es significativa (más de 500 SMLMV).

Fuente: Conesa, 2010

#### 2.5.8.1.4 Resiliencia

Capacidad intrínseca del ecosistema y/o la comunidad receptora para absorber, tolerar o asimilar las perturbaciones generadas por la acción del hombre, sin alterar significativamente sus características estructurales y de funcionalidad, permitiéndole regresar a su estado original una vez que la perturbación haya terminado.

Los impactos positivos o benéficos presentan una valoración directamente proporcional a los efectos, considerando como benéfico aquel impacto que deja mayores secuelas en el tiempo., Tabla 2.5-83.

**Tabla 2.5-83. Resiliencia frente a los impactos**

RANGOS DE RESILIENCIA DEL IMPACTO (Tolerancia – Asimilación)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
MUY TOLERANTE	1	El ecosistema y/o la comunidad asimilan rápidamente y en su totalidad los efectos ambientales y/o sociales durante ejecución de la actividad, desapareciendo las manifestaciones del impacto tan pronto ésta termina.
TOLERANTE	2	El efecto es asimilado en un periodo mayor de tiempo por el ecosistema y/o la comunidad, sin que este tiempo adicional sea significativo (Aplica para impactos positivos y negativos).
SENSIBLE	3	El efecto es asimilado parcialmente, el ecosistema y/o la comunidad no se recupera fácilmente quedando pequeñas secuelas o consecuencias del impacto (Aplica para impactos positivos y negativos).
INTOLERABLE (MUY SENSIBLE)	4	La manifestación del impacto no desaparece ni es asimilada por el ecosistema y/o la comunidad, los efectos se mantienen latentes sin permitir la recuperación total del ecosistema o dejando secuelas significativas en la comunidad.

Fuente: Conesa, 2010

#### 2.5.8.1.5 Tendencia

Cambio o comportamiento que manifiesta el efecto de un impacto en la medida que transcurre el tiempo. Un impacto benéfico tiende a aumentar su efecto en la medida que su tendencia es creciente o exponencial. El impacto positivo es más benéfico en la medida que los efectos se comporten con una tendencia creciente, rápida y severa, Tabla 2.5-84.

**Tabla 2.5-84. Tendencia de los impactos**

RANGOS DE TENDENCIA DEL IMPACTO (Comportamiento en el tiempo)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
DECRECIENTE	1	Las manifestaciones del impacto tienden a desaparecer de una forma rápida en la medida que transcurre el tiempo.
ESTABLE	2	El efecto del impacto se mantiene constante con el transcurso del tiempo, ya sea en los ecosistemas o en la comunidad.
CRECIENTE	3	El efecto tiende a incrementar la alteración sobre el medio y/o la comunidad, ya sea en extensión, intensidad o cualquiera de sus manifestaciones de manera progresiva.
EXPONENCIAL	4	Los efectos generados por el impacto tienden a aumentar sus manifestaciones de una forma rápida y severa.

Fuente: Conesa, 2010

#### 2.5.8.1.6 Extensión

Corresponde al área de influencia del impacto, es decir, al área, zona o sector donde tienen manifestación las consecuencias de la actividad. Se mide en una escala de 1 a 9, donde 1 es la menor extensión y 9 la mayor. Igualmente aplica para impactos positivos, donde el beneficio se incrementa con el área o extensión del impacto, Tabla 2.5-85.

**Tabla 2.5-85. Extensión de los impactos**

RANGOS DE EXTENSIÓN (Área de Influencia)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
PUNTUAL	1	Cuando las manifestaciones o alteraciones biofísicas se manifiestan dentro de la instalación, sin salir de ella, en un área inferior a una Ha. (10.000 m <sup>2</sup> ). Socioeconómica y culturalmente, el impacto puede repercutir a nivel predial o unidades familiares.
LOCAL	3	El impacto desde el punto de vista biofísico se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 1.0 y 5.0 Ha. Desde el punto de vista socioeconómico y/o cultural, el impacto puede repercutir a nivel de la unidad territorial (vereda, resguardo o territorio colectivo).
PARCIAL	6	Biofísicamente, el impacto se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 5.0 y 10.0 Ha. Socioeconómica y culturalmente, el impacto repercute a nivel territorial (regional).

RANGOS DE EXTENSIÓN (Área de Influencia)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
EXTENSO	9	Desde el punto de vista biofísico, el impacto tiene manifestaciones dentro o fuera de la instalación en un área superior a 10.0 Ha. Las repercusiones a nivel socioeconómico y/o cultural pueden ser de orden nacional o internacional.

Fuente: Conesa, 2010

### 2.5.8.1.7 Exposición

Corresponde al periodo de tiempo y/o a la frecuencia con el que el impacto actúa o incide sobre cualquiera de los componentes del ecosistema. Se mide en una escala de 1 a 4, donde uno (1) es baja duración y cuatro (4) alta duración. Desde el punto de vista positivo o benéfico, el tiempo de exposición y la frecuencia presentan un mayor beneficio, cuando la exposición es más prolongada y la ocurrencia de frecuente o continúa, Tabla 2.5-86.

**Tabla 2.5-86. Exposición de los impactos**

RANGOS DE EXPOSICIÓN (Tiempo / Frecuencia)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
<b>FUGAZ – ESPORÁDICO</b>	1	Exposición: momentánea o fugaz Ocurrencia: excepcional o esporádica (menos de una vez por año).
<b>TEMPORAL – BREVE</b>	2	Exposición: breve (hasta un (1) día) Ocurrencia: temporal (menos de una vez al mes).
<b>FRECUENTE – PROLONGADO</b>	3	Exposición: Extendida (hasta un (1) mes) Ocurrencia: frecuente (por lo menos una vez al día).
<b>PERMANENTE</b>	4	Exposición: prolongada (superior a un (1) mes) Ocurrencia: muy frecuente o continúa.

Fuente: Conesa, 2010

### 2.5.8.1.8 Recuperabilidad

Lapso que requiere un ecosistema y/o comunidad, después de haber sido objeto de un impacto para retornar a las condiciones originales, mediante el uso o aplicación de tecnologías que actúen como medidas correctivas. Se califica en una escala de 1 a 4, donde 1 es la mayor capacidad de recuperación y 4 es la menor capacidad de reconstrucción del ecosistema Las manifestaciones de los impactos con carácter positivo

presentan un mayor beneficio cuando la recuperabilidad tarde mayor tiempo, es decir que las consecuencias benéficas perduran en el tiempo, Tabla 2.5-87.

**Tabla 2.5-87. Recuperabilidad de los impactos**

RANGOS DE RECUPERABILIDAD (Tiempo de reconstrucción mediante técnicas)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
RÁPIDA	1	Las manifestaciones tienen duración inferior a un (1) mes
MODERADA	2	Las manifestaciones tienen duración entre uno (1) y doce (12) meses
LENTA	3	Las manifestaciones tienen duración entre uno (1) y cinco (5) años
IRRECUPERABLE (PERDURABLE)	4	Las consecuencias permanecen por más de cinco (5) años

Fuente: Conesa, 2010

#### 2.5.8.1.9 Acumulación

Hace referencia al aumento gradual o progresivo de las consecuencias del impacto, con la ocurrencia reiterada de la acción generadora, Tabla 2.5-88.

**Tabla 2.5-88. Acumulación de los impactos**

RANGOS DE ACUMULACIÓN (Incremento progresivo)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
SIMPLE	1	El efecto del impacto no se incrementa por la ocurrencia reiterada de una actividad generadora.
ACUMULATIVO	4	El efecto del impacto se acumula y aumenta progresivamente con la ocurrencia de la actividad generadora.

Fuente: Conesa, 2010

#### 2.5.8.1.10 Sinergia

Se refiere a la valoración del efecto conjunto de la ocurrencia simultánea de dos o más impactos, lo que supone una incidencia ambiental mucho mayor que el efecto de la agregación de los impactos individuales, o que induce a la aparición de nuevos impactos, Tabla 2.5-89.

**Tabla 2.5-89. Sinergia de los impactos**

RANGOS DE SINERGIA (Potenciación de la manifestación)		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
NO SINÉRGICO	1	Cuando el impacto no interactúa con otros impactos y su efecto es independiente.
SINÉRGICO	6	Cuando el impacto actúa de manera agregada con otros impactos, generando un efecto mayor a la suma de los mismos.

Fuente: Conesa, 2010

#### 2.5.8.1.11 Importancia ambiental del impacto (IA)

Para determinar la IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO, se realiza la sumatoria de las calificaciones otorgadas a cada uno de los parámetros: Efecto (Ef), Magnitud (M), Resiliencia (Rs), Tendencia (T), Extensión (E), Exposición (Ex), Recuperabilidad (R'), Acumulación (A) y Sinergia (S). Es importante destacar que las variables de Magnitud, Extensión, Acumulación y Sinergia presentan una mayor valoración, en función del comportamiento que presenta el parámetro dentro de la valoración de los impactos y a la experiencia de su aplicabilidad en proyectos del sector de hidrocarburos. El resultado se ubica dentro de la columna denominada IMPORTANCIA AMBIENTAL (IA) a fin de conformar la jerarquización de los impactos de acuerdo a los rangos establecidos.

El resultado de la Importancia Ambiental del Impacto (IA) está dado por la siguiente ecuación:

$$IA = \pm (Ef + M + E + T + Ex + Rs + R' + A + S)$$

Dónde:

I.A: Importancia Ambiental del Impacto

Ef: Efecto

M: Magnitud

E: Extensión

T: Tendencia

Ex: Exposición

- Rs: Resiliencia  
 R': Recuperabilidad  
 A: Acumulación  
 S: Sinergia

### 2.5.8.1.12 Jerarquización de los impactos

La importancia ambiental de cada impacto está dada por la sumatoria de las calificaciones otorgadas a cada uno de los parámetros evaluados. Es decir que una vez hayan sido calificados todos los parámetros, la IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO variará dentro del rango comprendido entre 10 y 47. Teniendo en cuenta estos valores, se identifica la ESCALA DE CONSECUENCIAS correspondiente al rango calculado, el cual va de 1 a 5, (Tabla 2.5-90), obteniendo de esta manera el NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO (Leve, Menor, Localizado, Mayor, Masivo), tanto para los impactos negativos como para aquellos que presenten carácter positivo, diferenciándose solamente por la escala de color.

Tabla 2.5-90. Nivel de Importancia de los Impactos Ambientales

NIVEL DE IMPORTANCIA	ESCALA DE CONSECUENCIA	NIVEL DE IMPORTANCIA IMP. POSITIVOS	NIVEL DE IMPORTANCIA IMP. NEGATIVOS
10-16	1	Leve	Leve
17-24	2	Menor	Menor
25-32	3	Localizado	Localizado
33-40	4	Mayor	Mayor
41-47	5	Masivo	Masivo

Fuente: Conesa, 2010

Una vez asignado el valor a cada impacto dentro de los parámetros mencionados, se procede con la cuantificación de la importancia de la acción sobre cada factor ambiental. La importancia estará representada conforme con la siguiente formulación:

$$\text{Importancia} = \text{Evidencia (Escenario Sin Proyecto)} - \text{Probabilidad de Ocurrencia (Escenario Con Proyecto)}$$

Determinado el NIVEL DE IMPORTANCIA del IMPACTO, se establece el Nivel de Evidencia (para el escenario Sin proyecto) y la Probabilidad de Ocurrencia (para el escenario Con proyecto) fundamentadas en el criterio, conocimiento y/o experiencia de los evaluadores, quienes le asignan el nivel correspondiente en la MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

La EVIDENCIA y la PROBABILIDAD DE OCURRENCIA respectivamente, son las variables que condicionan o supeditan toda la calificación de los parámetros (que resulta en la Importancia Ambiental del Impacto), con el fin de definir el valor último de la Evaluación Ambiental: la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO. La Evidencia y la Probabilidad de Ocurrencia están dadas de acuerdo con la Tabla 2.5-91 en una escala de A hasta E, como se muestra a continuación:

**Tabla 2.5-91. Evidencia y Probabilidad de Ocurrencia**

	ESCENARIO ACTUAL – ESCENARIO SIN PROYECTO (EVIDENCIA)	ESCENARIO FUTURO – ESCENARIO CON PROYECTO	
		(Probabilidad De Ocurrencia)	
		%	DEFINICIÓN
A	Poco Evidente	≤ 20	Prácticamente imposible que ocurra
B	Moderadamente Evidente	21–40	Poco Probable que ocurra
C	Evidente	41-60	Es posible que ocurra
D	Muy evidente	61-80	Bastante probable que ocurra
E	Destacado	>80	Ocurrirá con alto nivel de certeza

Fuente: Conesa, 2010

#### 2.5.8.1.13 Significancia ambiental del impacto (SAI)

El resultado que se obtenga de la IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO, en función (§) de la EVIDENCIA (EV) o de la PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (P), según sea el caso, dará la valoración final de la evaluación de cada impacto ambiental; es decir, la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO, la cual estará variando entre significancias que van desde Muy Baja, Baja, Media, Alta hasta Muy Alta. El valor de la significancia estaría dado por la siguiente ecuación:

$SAI = \pm (I.A) \times P \text{ ó } EV$

$SAI = \pm (Ef + M + E + T + Ex + Rs + R' + A + S) \times P \text{ ó } EV$

Dónde:

**SAI:** Significancia Ambiental del Impacto

**I.A:** Importancia Ambiental del Impacto ó  $(Ef + M + E + T + Ex + Rs + R' + A + S)$  P:  
Probabilidad de que ocurra el impacto, en el Proyecto

**EV:** Evidencia del impacto, en el escenario Sin proyecto.

Para obtener la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL de cada impacto (SAI), en el Escenario actual o Escenario Sin proyecto, se siguieron los siguientes pasos:

Seleccionar el NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL para el impacto, teniendo en cuenta el nivel de la Tabla 2.5-92 (para impactos negativos), o el nivel de la Tabla 2.5-93 (para impacto positivos), cuya escala de consecuencia (E.C) varia de 1 a 5.

Ubicar en las columnas (A o E) de:

La Tabla 2.5-92 y Tabla 2.5-93 según el caso, los diferentes niveles de EVIDENCIA, con base en el conocimiento del grupo evaluador.

Finalmente, identificar la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO, interceptando la proyección de la casilla de la columna calculada (NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL), con la seleccionada en la fila de EVIDENCIA (Paso 1), estableciendo rangos que van desde Baja a Muy Alta Significancia.

Tabla 2.5-92. Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Sin proyecto

Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Sin proyecto						
CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
Nivel de importancia ambiental	E.C.	A	B	C	D	E
		Poco Evidente	Moderadamente Evidente	Evidente	Muy evidente	Destacado
<b>Masivo</b>	5					Muy Alta
<b>Mayor</b>	4				Alta	
<b>Localizado</b>	3			Media		
<b>Menor</b>	2		Baja			
<b>Leve</b>	1	Muy Baja				

Fuente: Conesa, 2010

Tabla 2.5-93. Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos Escenario Sin proyecto

Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Sin proyecto						
CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
Nivel de importancia ambiental	E.C.	A	B	C	D	E
		Poco Evidente	Moderadamente Evidente	Evidente	Muy evidente	Destacado
<b>Masivo</b>	5					Muy Alta
<b>Mayor</b>	4				Alta	
<b>Localizado</b>	3			Media		
<b>Menor</b>	2		Baja			
<b>Leve</b>	1	Muy Baja				

Fuente: Conesa, 2010

Para obtener la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL de cada impacto (SAI), en el Escenario futuro o Escenario Con proyecto, se desarrollaron los siguientes pasos:

1. Seleccionar el NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL para el impacto, teniendo en cuenta el nivel de la Tabla 2.5-94 (para impactos negativos), o el nivel de la Tabla 2.5-95 (para impacto positivo), cuya escala de consecuencia (E.C) varía de 1 a 5.
2. Ubicar en las columnas (A o E) de la Tabla 2.5-94 y Tabla 2.5-95 los diferentes niveles de PROBABILIDAD DE OCURRENCIA, con base en la experticia, conocimiento y/o criterio del grupo evaluador.

3. Finalmente, identificar la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO, interceptando la proyección de la casilla de la columna calculada (NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL), con la seleccionada en la fila de PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (pasos 1 y 2), estableciendo rangos que van desde Baja a Muy Alta Significancia.

**Tabla 2.5-94. Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Con proyecto**

Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Con proyecto						
CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
Nivel de importancia ambiental	E.C.	A	B	C	D	E
		Prácticamente Imposible	Poco Probable	Es Posible	Bastante Probable	Ocurrirá con Alto
Masivo	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Mayor	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Localizado	3	Muy Baja	Baja	Media	Media	Alta
Menor	2	Muy Baja	Baja	Baja	Media	Media
Leve	1	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Media

Fuente: Conesa, 2010

**Tabla 2.5-95. Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Con proyecto**

Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Con proyecto						
CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
Nivel de importancia ambiental	E.C.	A	B	C	D	E
		Prácticamente Imposible	Poco Probable	Es Posible	Bastante Probable	Ocurrirá con Alto
Masivo	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Mayor	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Localizado	3	Muy Baja	Baja	Media	Media	Alta
Menor	2	Muy Baja	Baja	Baja	Media	Media
Leve	1	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Media

Fuente: Conesa, 2010

En la medida que se realiza la evaluación de los impactos ambientales previamente identificados, se documenta de manera detallada, la descripción y análisis que se ha considerado en la calificación y valoración de estos, de tal manera que sea fácil, el identificar o rastrear el origen y

la debida justificación de las calificaciones dadas. De igual manera, se sustenta de manera objetiva la SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO que fue obtenida como producto final del proceso de evaluación del impacto, a fin de documentar el criterio o situación que haya sido considerada. Elementos ambientales e impactos considerados para la evaluación de escenarios

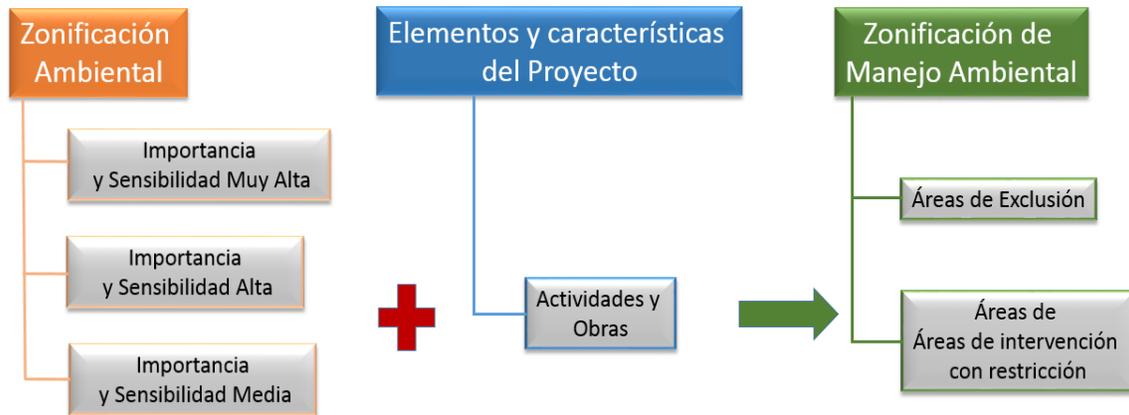
### 2.5.8.2 Zonificación de manejo ambiental del proyecto

---

Espacialmente corresponde al área hasta donde trascienden los impactos significativos asociados al uso - aprovechamiento de recursos y a la actividad objeto de licenciamiento, recae entonces al área hasta donde trascienden los impactos significativos generados por las actividades transversales, mantenimiento correctivo, operación y desmantelamiento y abandono técnico, se enmarca para este caso como el área resultante de unir las áreas de influencia de los medios abiótico y biótico o Área de Influencia Fisicobiótica)

La Zonificación de Manejo se genera partiendo de los resultados de la Zonificación Ambiental, donde cada elemento valorado dentro de esta y dependiendo del grado de importancia y sensibilidad de determinada área, sus capacidades de adaptación y resiliencia frente a la intervención por parte de agentes exógenos (evaluación ambiental) y las medidas de manejo planteadas, fueron clasificadas en las categorías de manejo ambiental. En la Figura 2.5-84, se observan las variables involucradas en dicha clasificación:

Ibagué y Piedras (Tolima)



**Figura 2.5-84. Clasificación de las unidades de sensibilidad e importancia de la zonificación ambiental en categorías de manejo ambiental.**

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

A continuación, se presentan las categorías de manejo planteadas: "Área de exclusión" y "Área de intervención con restricciones":

#### 2.5.8.2.1 Áreas de Exclusión

Corresponden a áreas que no deben ser intervenidas por el proyecto con actividades constructivas asociadas directamente a la actividad objeto de licenciamiento, en consideración a su fragilidad ambiental. Se trata de áreas con baja capacidad de recuperación frente a alteraciones exógenas e incluyen también áreas o elementos que por normatividad ambiental revisten importancia y no deben ser modificados como respuesta a la ejecución de actividades del proyecto.

En esta categoría de manejo se incluyen elementos que dentro de la Zonificación Ambiental tienen importancia y sensibilidad Muy Alta y todos los elementos con restricciones legales y de interés ambiental.

#### 2.5.8.2.2 Áreas de intervención con restricciones (AIR):

Son áreas en donde se deben tener en cuenta manejos especiales por las restricciones ambientales que presentan y deben estar acordes con las actividades del proyecto. Las

restricciones se establecieron desde el punto de vista físico, biótico, socioeconómico, legislativo y normativo.

La zonificación de manejo establece las áreas en donde se desarrollarán las actividades del proyecto, de tal forma que los impactos se puedan prevenir, corregir y mitigar aplicando las medidas específicas del plan de manejo ambiental buscando los siguientes aspectos:

- La aptitud del territorio para el desarrollo de las actividades previstas, identificando las posibles restricciones que se pueden presentar.
- Implementar un proceso de planificación ambiental para la actividad, basado en la aptitud y restricciones que ofrece el área.

Para el análisis y definición de las categorías de manejo se clasifican los elementos o variables involucrados en la Zonificación Ambiental (oferta ambiental) en las categorías de manejo definidas; teniendo en cuenta su aptitud, capacidad de respuesta frente a los impactos y las restricciones de manejo asociadas a estos elementos de acuerdo con las normas, procedimientos y lineamientos técnicos vigentes asociados a la exploración y explotación de hidrocarburos en el territorio nacional.

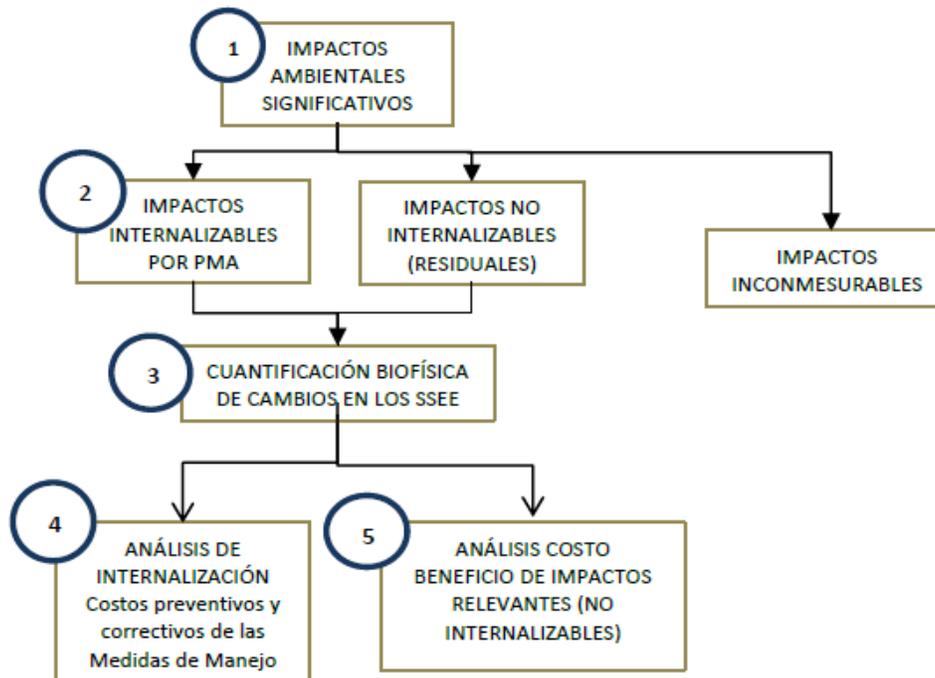
### 2.5.9 Evaluación Económica

---

En el manual de Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental - (Resolución 1669/2017) establece que en el marco del Estudio de Impacto Ambiental, en el cual se presenta la información detallada de la línea base, las obras previstas y la evaluación de impactos, entre otras, es indispensable realizar un análisis de internalización, que identifique los impactos que pueden ser prevenidos o corregidos mediante medidas de manejo, que permita establecer una relación de los costos asociados a dichas actividades y genere indicadores que faciliten el seguimiento a las mismas. En el EIA se debe presentar la valoración económica de los impactos que no resultan prevenibles ni corregibles (no

Internalizables), estimación que constituye el principal insumo para la aplicación del Análisis Costo Beneficio – ACB como criterio de decisión.

Para este objetivo se utilizará la estructura general de evaluación económica ambiental de un proyecto obra o actividad descrita en el manual citado anteriormente (Figura 2.5-85):



**Figura 2.5-85. Estructura de la Evaluación Económica Ambiental.**

Fuente: Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental. MADS 2017

Esta estructura metodológica parte de la selección de los impactos significativos el cual se obtiene de la identificación y valoración de impactos de la evaluación ambiental. posteriormente se procede a realizar la clasificación de impactos de impactos para poder definir aquellos que puedan ser internalizados por las medidas de prevención y/o corrección del Plan de Manejo Ambiental del proyecto y los impactos no internalizables los cuales serán objeto de valoración económica ambiental.

Como tercer paso tenemos la definición de la cuantificación biofísica de los cambios en los servicios ecosistémicos, la cual es utilizada para dimensionar la afectación de los bienes y servicios ambientales y con base en esta, poder estimar la pérdida de bienestar de los individuos afectados. La base para desarrollar el delta ambiental de los impactos significativos es la información de la caracterización del medio biótico, abiótico y social, el aprovechamiento de recursos naturales y la descripción del proyecto.

Posteriormente se realiza el análisis de internalización, por medio del cual se presentan aquellos impactos que son controlados por las medidas preventivas y correctivas del PMA, dicho análisis es presentado de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Manual de Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en proyecto objeto de licencia ambiental.

Una vez se tenga claridad sobre los impactos residuales o no internalizables, se procede a presentar las valoraciones económicas de cada impacto, tanto negativo como positivo. Dependiendo de la definición y magnitud de cada uno, así como su relación con los servicios ecosistémicos intervenidos, se selecciona su método de valoración, el cual se presentará de forma clara, describiendo las fuentes de información y adjuntando las memorias de cálculo. Con los valores anuales obtenidos se realiza el flujo de costos y beneficios del proyecto y los resultados de los indicadores económicos, que permitan demostrar la viabilidad ambiental del proyecto, dentro del análisis costo beneficio del proyecto.

Ahora bien, dentro del análisis costo beneficio se plantea la valoración económica de los impactos no internalizables a partir de metodologías basadas en preferencias reveladas, así como el uso de la técnica de transferencias de beneficios, las cuales se describen a continuación:

### 2.5.9.1 Métodos de Valoración Económica Ambiental

---

El desarrollo de proyectos implica una modificación sobre la calidad ambiental, que tiene repercusiones sobre el bienestar social. En el caso del "Proyecto Fotovoltaico Shangri-La", se hace necesario el uso de metodologías de valoración económica ambiental basados en la economía del bienestar, con los cuales sea posible determinar los costos y beneficios sociales generados (Seroa da Motta 1998). Sin embargo, existe una complejidad en la determinación de precios de mercado que puedan reflejar los valores atribuibles a los bienes y/o servicios ambientales y a las pérdidas o ganancias de capital natural; la complejidad aumenta en la medida en que el bien o servicio ambiental decrece en la función de utilidad directa de un individuo o grupo de personas.

Para Seroa da Motta (1998), la elección del método de valoración económica a emplearse se realiza en función del objetivo de la valoración, de las hipótesis asumidas, de la disponibilidad de información, entre otras variables y parámetros. Los métodos de valoración económica ambiental se pueden clasificar en dos grandes grupos, los basados en preferencias relevadas, que identifican los valores a través de información de mercados relacionados indirectamente con los servicios ecosistémicos, y los de preferencias declaradas, que acuden a interacciones directas con las personas para obtener el valor económico de los servicios ecosistémicos - SSEE<sup>35</sup>.

#### 2.5.9.1.1 Metodologías basadas en preferencias reveladas

Los métodos que pertenecen a esta clasificación corresponden a: método de precios hedónicos, método de costo de viaje, métodos basados en precios de mercado, y los métodos basados en costos actuales y potenciales, a continuación, se describen de forma puntual en que consiste cada uno de ellos:

---

<sup>35</sup>Numerales 4.5 "Manual de Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental", adoptados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 1667 de 2017.

#### 2.5.9.1.1.1 Método de precios hedónicos

Es usado para estimar el valor de las amenidades ambientales que afectan el precio de los bienes mercadeables, siendo comúnmente aplicado sobre las variaciones de los precios de las viviendas que reflejan el valor de los atributos ambientales locales, pero también aplicables a los mercados de automóviles, salarios y otros.

#### 2.5.9.1.1.2 Método de costos de viaje - MCV

Es utilizado para estimar el valor asociado con ecosistemas o sitios que son usados para recreación, este método puede ser empleado para estimar el valor económico de los beneficios o costos resultantes de cambios en acceso o de la eliminación, adición o en la calidad de sitios de recreación. Por otra parte, el MCV se diferencia del método de valoración contingente en que el comportamiento de los individuos es observado en mercados reales en lugar de escenario hipotéticos.

#### 2.5.9.1.1.3 Metodologías basadas en precios de mercado

Estas metodologías estiman los valores económicos de los productos y/o servicios de los ecosistemas, que son comprados y vendidos en los mercados comerciales, y es utilizado para cuantificar los cambios de valor en la cantidad o calidad de un bien o servicio. Con relación a lo anterior, las metodologías basadas en precios de mercado son: cambios en la productividad, costos de enfermedad y costos de capital humano.

#### 2.5.9.1.1.4 Metodologías basadas en costos actuales y potenciales

Estas metodologías incluyen los costos de reemplazo, proyectos sombra o costos de reposición y costo de daño evitado, los cuales relacionan la estimación de los valores de los costos incurridos para remediar la afectación. Estos métodos no proporcionan medidas de los valores económicos que se basan en la voluntad de los individuos a pagar por un producto o servicio, en su lugar, asumen que los costos de evitar daños o la sustitución de ecosistemas o servicios. Esto se basa en el supuesto de que, si las

personas incurren en gastos para evitar o sustituir los daños a los servicios de los ecosistemas, dichos servicios deben valer al menos lo que la gente paga para reemplazarlos.

#### 2.5.9.1.2 Metodologías basadas en preferencias declaradas

Según el numeral 4.5.2 del "Manual de Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental", (MADS 2017), estos métodos son preferibles a los indirectos, debido a que también recogen los valores de no uso, además se plantean para valorar bienes o servicios donde no se cuenta con ningún tipo de información de mercado que revele el valor de los mismos. La información se recolecta a partir de encuestas a los usuarios actuales y potenciales de los bienes mediante el planteamiento de escenarios hipotéticos de valoración del bien o servicio (Mendieta y Caraballo, 2005).

Para la ejecución de estos métodos es indispensable la realización de encuestas personales o de tipo zonal sobre los impactados directa e indirectamente.

##### 2.5.9.1.2.1 Método de Valoración Contingente - MVC

El MVC se realiza mediante encuestas, donde se crea un mercado hipotético el cual puede revelar la disponibilidad a pagar (DaP) o disponibilidad a aceptar (DaA) de las personas por determinados bienes y servicios que no cuentan con un precio establecido en el mercado, o por escenarios que contemplan pérdidas o mejoras relacionadas con los servicios ecosistémicos y el método de elección contingente usado específicamente para comprender cómo los individuos desarrollan preferencias por productos o servicios, reales o hipotéticos, basados sobre la premisa que los consumidores evalúan un producto o servicio a través del valor que le da a la combinación de los diferentes niveles de atributos.

#### 2.5.9.1.2.2 Método de elección contingente o Conjoint

Este método es similar a la MVC, debido a que puede ser utilizado para calcular el VET de cualquier bien o servicio ambiental, mediante un diseño de mercado hipotético, a partir del cual los individuos toman decisiones. Sin embargo, la diferencia entre estos dos métodos radica en que en Conjoint no pide directamente a las personas que expresen sus valores en términos monetarios. Por el contrario, los valores son deducidos de las opciones hipotéticas o las elecciones que las personas realizan.

Bajo el método Conjoint se le pide al encuestado indicar una preferencia entre un grupo de servicios y características ambientales incluido su precio, y otro grupo de características y servicios ecosistémicos diferentes con un precio asociado distinto al del primer grupo. Es decir, con esta metodología se parte del hecho que los consumidores le asignan un valor a un bien o servicio ambiental teniendo presente las diferentes combinaciones de tributos que posee, incluido su precio, el cual también es un atributo del mismo y puede variar dependiendo del nivel de los demás y sus combinaciones.

#### 2.5.9.1.3 Transferencia de Beneficios

La transferencia de beneficios no es una metodología en sí misma, pero permite hacer uso de estimaciones obtenidas (por cualquier método) en un contexto determinado para estimar valores en otro contexto. Así, la transferencia de beneficios se utiliza para calcular los valores económicos de los servicios de los ecosistemas mediante la transferencia de la información disponible de estudios ya realizados en otro sitio o lugar que presenta ecosistemas equivalentes.

### 2.5.10 Plan de compensación del medio biótico

---

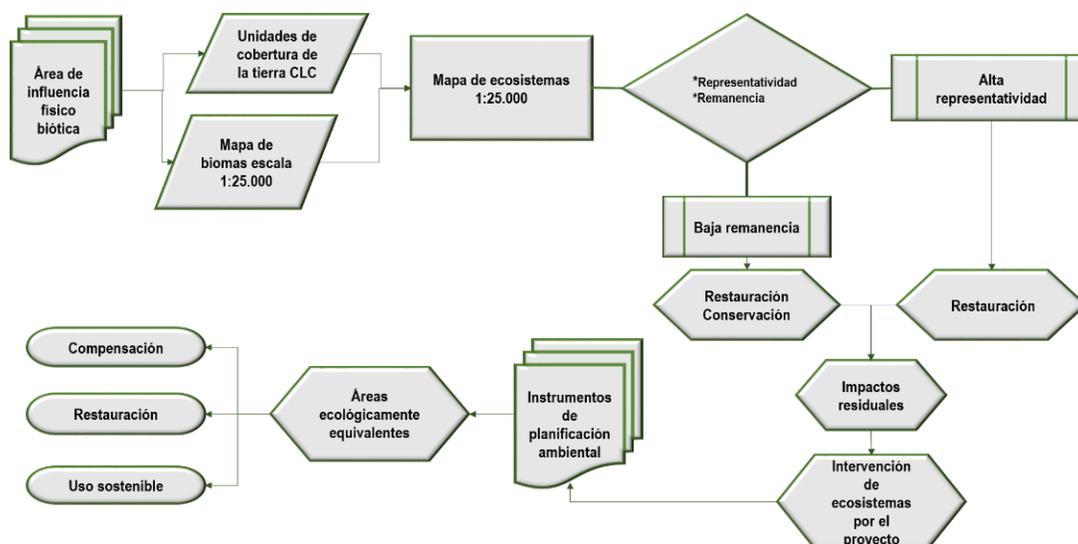
#### 2.5.10.1 Definición de áreas para la aplicación de la compensación del componente biótico

---

La estructuración de la gestión en compensación ambiental es un mecanismo que busca a través de los lineamientos dados por la autoridad ambiental y sus institutos aliados

---

establecer un procedimiento que de manera objetiva conlleve a definir las áreas que cumplan con todos los requerimientos tanto de los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica TdR-015. En la Figura 2.5-86 se observa el procedimiento para la definición de las áreas ecológicamente equivalentes que garantizan una estrategia de conservación efectiva de acuerdo con el ecosistema de referencia, los índices de diversidad, el tamaño y contexto paisajístico.



**Figura 2.5-86. Modelo para la determinación de áreas ecológicamente equivalentes**

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

### 2.5.10.2 Qué compensar

La definición del que compensar se realizó partiendo de la identificación de las coberturas vegetales, los biomas presentes dentro del área de influencia y los ecosistemas a intervenir, a fin de realizar una proyección de los eventuales factores de compensación a aplicar en función de los ecosistemas presentes dentro del área. La identificación de estos ecosistemas se realizó como primera medida identificando los biomas y las unidades bióticas dentro del área de influencia del proyecto, al igual que

la identificación e interpretación de las unidades de cobertura según la leyenda Corine Land Cover.

### 2.5.10.3 Identificación de biomas

---

Con el fin de llevar a cabo la identificación de biomas a la escala del estudio se tomó como base la información temática del mapa Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. SINCHI e IIAP. 2017)<sup>36</sup>. El ajuste de los biomas existentes dentro del área de estudio se llevó a cabo de la siguiente manera:

Se analizó el mapa de la geomorfología y de suelos elaborados para el estudio, con el fin de determinar las interacciones de estos factores con la fisionomía de la vegetación, y como está cambia su estructura morfológica en función de estos factores físicos; en conjunción con los anteriores factores, se definieron las unidades climáticas, basado en los datos promedios multianuales de la temperatura y precipitación, registrados en las estaciones meteorológicas más cercanas al área del proyecto.

### 2.5.10.4 Interpretación e identificación de los diferentes tipos de cobertura de la tierra escala 1:10.000

---

Para la definición de las unidades de cobertura de la tierra se realizó inicialmente una labor de oficina, en la cual se generó el mapa temático preliminar de coberturas de la tierra y uso del suelo acorde al sistema CORINE LAND COVER, el cual se ajustó con los puntos de control tomados en campo durante la fase de campo. La interpretación y digitalización de las unidades de cobertura se efectuó directamente en pantalla, utilizando el software ArcGis, realizando una clasificación de tipo visual. Durante la

---

<sup>36</sup> IDEAM, IGAC, SINCHI, IIAP, IAvH, INVEMAR. 2017. Mapa de Ecosistemas continentales, costeros y Marinos de Colombia. (Escala 1:100.000).

interpretación se aplicaron reglas básicas de generalización, que permitieron decidir sobre polígonos que no cumplan el criterio de área mínima de mapeo establecida de acuerdo con la escala de captura de la información.

Se consideraron las reglas del sistema CORINE LAND COVER Colombia<sup>37</sup> y que hacen referencia a: delimitación, agregación y generalización. Posteriormente, se realizó la comprobación de campo de las unidades diferenciadas por medio de la verificación de puntos de control determinados previamente en oficina. Una vez verificados los puntos de campo, se ajustó el mapa tanto en los sitios verificados como en áreas homólogas.

#### 2.5.10.5 Unidades Bióticas

---

Estas unidades no son escalables, es decir, la información de esta capa es el resultado del trabajo realizado por IAvH, 2014<sup>38</sup>, donde analizan los patrones de distribución espacial de las especies al igual que el grado de similaridad taxonómica (Betadiversidad) en función del espacio. El resultado de esta capa es el concepto de unidades bióticas, el cual surge del cruce de los polígonos de similaridad florística obtenidos por el citado autor, a los cuales se les sobreponen las regiones y subregiones del país definidas por el IGAC, y las provincias y distritos biogeográficos identificados para Colombia por Hernández-Camacho.

#### 2.5.10.6 Identificación, sectorización y descripción de los ecosistemas naturales y seminaturales

---

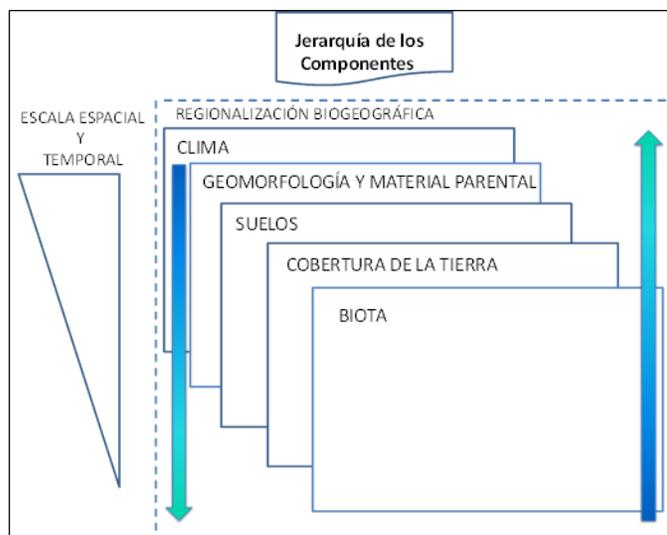
Los ecosistemas determinados dentro del área de influencia son el resultado del cruce espacial de los mapas de unidades bióticas, geomorfología, suelos, y las unidades

---

<sup>37</sup> IDEAM. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C. 2010. 72 pp.

<sup>38</sup> Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Documento Técnico: Marco Conceptual y metodológico del Componente Biótico. Mapa de ecosistemas continentales, marinos y costeros de Colombia. Escala :1100.000. Laboratorio de Biogeografía Aplicada y Bioacústica. Abril 2014

climáticas; que en conjunto determinan las características que permitieron definir los biomas dentro del mapa de biomas; este último, se cruzó a su vez con el de coberturas de la tierra a la escala del proyecto para generar el mapa de ecosistemas naturales y seminaturales. En la Figura 2.5-87 se observa el marco conceptual.



**Figura 2.5-87. Modelo jerárquico de los factores de estado analizados dentro de una concepción biogeográfica para la elaboración de ecosistemas continentales (adaptado de Klijn and Udo de Haes, 1994) <sup>39</sup>**

Fuente: IDEAM et al., (2017) <sup>40</sup>.

En la Tabla 2.5-96 se detallan los factores de compensación de acuerdo a los biomas identificados dentro del área, los cuales podrían ser susceptibles de intervención de acuerdo a la metodología de zonificación de manejo de las actividades utilizada para el Estudio de Impacto Ambiental; se observa que el mayor factor de compensación es para el Orobioma Subandino Chaparral, el cual presenta una muy baja representatividad dentro del SINAP y una muy baja remanencia.

<sup>39</sup>Ibid., P. 448.

<sup>40</sup>IDEAM, IGAC, SINCHI, IIAP, IAvH, INVEMAR, 2015. Memoria técnica del Mapa de Ecosistemas Continentales, Marinos y Costeros. 448 p. *Documento en revisión y actualización.*



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

---

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

Ibagué y Piedras (Tolima)

**Tabla 2.5-96. Factores de compensación biomas influenciados por el proyecto.**

Bioma Unidad Biótica (BUB)	Criterio de Representatividad	Criterio de Rareza	Criterio de Remanencia	Criterio de tasa de transformación	FC*
Orobioma Subandino Chaparral	2.5	1.75	3	1.25	8.5
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	2	1.75	3	1.25	8

Fuente: IDEAM, 2017.

Con base en el mapa de ecosistemas del área de influencia se realizó el análisis de la representatividad y remanencia para cada uno de los biomas, basado en el árbol de decisiones para referenciar acciones de compensación diseñado por el Instituto Humboldt 2018;<sup>41</sup>este esquema de decisión permitió definir objetivamente los requerimientos de los ecosistemas en términos de conservación y/o restauración. Se observa en el Figura 2.5-88 el diagrama del árbol de decisión, el cual conjuga la representatividad y remanencia para definir el tipo de accionar más eficiente dentro del área de influencia del proyecto.

<sup>41</sup> Herramientas para la implementación de las compensaciones por pérdida de la biodiversidad. Obtenido de: <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2018/cap4/403/#seccion1>

Ibagué y Piedras (Tolima)



Figura 2.5-88. Árbol de decisiones para referenciar acciones de compensación

Fuente: IAvH, 2018.

### 2.5.10.7 Cuánto compensar

El Orobioma Subandino Chaparral tiene una calificación de 2,5 para el criterio de representatividad y para el Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande el valor corresponde a 2. El factor "representatividad" permite evaluar la potencialidad de conservación de BIOMA\_I AvH, de acuerdo con la proporción de la unidad que se encuentra bajo alguna categoría de conservación del SINAP (MADS, 2018). El valor de 2,5 es indicativo de Muy Baja Representatividad ya que muestra entre el 0 y 1% del bioma tiene representación en el SINAP y la calificación de 2 del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande el cual es un indicativo de baja representatividad ya que muestra que menos del 6% del bioma tiene representación en el SINAP.

La rareza incorpora que tan replicables son los biomas dentro de las unidades bióticas (Irreplicabilidad) y que tan únicos son los Biomas en términos de composición de

especies (Unicidad), su valor oscila entre 1 y 2 (MADS, 2018). En el caso del proyecto se identificó que los dos biomas presentan una calificación para este criterio de 1,75 sugiriendo una rareza alta ( $> 24.5 \leq 43.4 \%$ ).

La remanencia evalúa cuanta área del bioma permanece en condiciones naturales, para tal fin incluye variables como cobertura y grado de transformación, en este criterio se definieron cinco (5) categorías que oscilan entre 1 y 3, siendo 1 el valor de muy alta remanencia y 3 valor que sugiere muy baja remanencia (MADS, 2018). En el área de intervención, los biomas Orobioma Subandino Chaparral y Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande, presenta una remanencia Muy Baja ya que existe menos del 30% de este bioma en condiciones naturales, la calificación obtenida corresponde a 3,0.

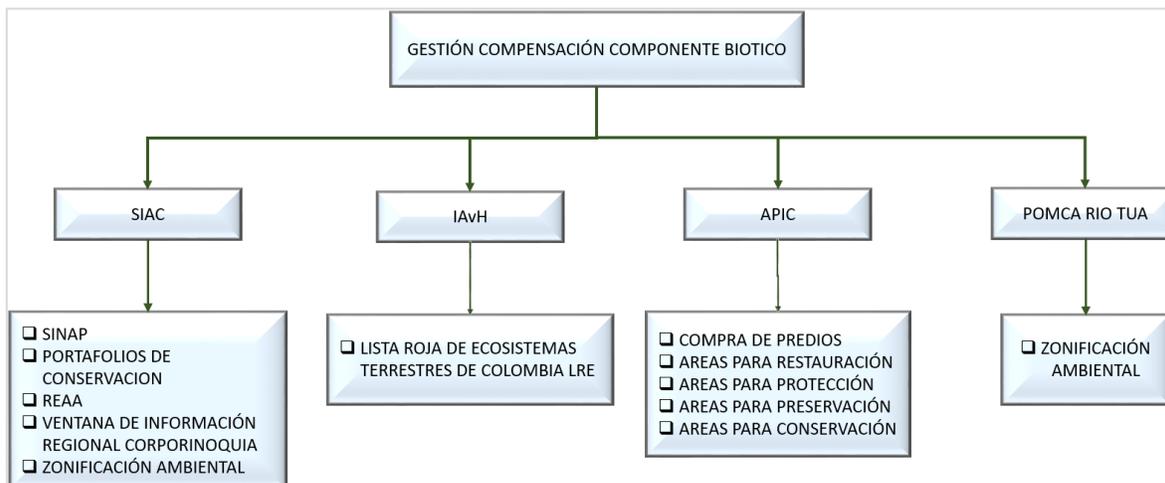
El criterio de transformación anual determina los cambios en cobertura natural del bioma mediante el cálculo de la tasa de pérdida de la cobertura. Su evaluación emplea cinco categorías, con valores que varían entre 1 y 2, siendo 1 indicador de muy baja transformación y 2 de muy alta (MADS, 2018). En el área a afectar por la ejecución del proyecto se reporta que los biomas Orobioma Subandino Chaparral y Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande tienen una muy Baja tasa de transformación, dado que la tasa de transformación anual oscina entre  $>0.12 \leq 0.28 \%$  (obteniendo un valor de 1,25). Por las anteriores razones, los biomas Orobioma Subandino Chaparral y Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande presentan un factor de compensación de 8,5 y 8 respectivamente, los cuales aplicará para el cálculo de la compensación para los ecosistemas naturales, coberturas seminaturales (vegetaciones secundarias) su factor será de 4,25 y 4 para los biomas Orobioma Subandino Chaparral y Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande respectivamente. Las coberturas de pastos limpios, pastos arbolados y pastos enmalezados se aplicará un factor de 1:1 considerando la presencia de impactos residuales en estas coberturas. Mientas que para los territorios artificializados y cultivos de arroz no se aplicará factor de compensación dado que no se evidencian impactos residuales sobre el medio biótico una vez se aplique la jerarquía de mitigación.

### 2.5.10.8 Dónde compensar

---

La metodología para la gestión de las compensaciones ambientales permitió definir las áreas que garantizarían una conservación efectiva teniendo en cuenta las equivalencias ecosistémicas, de tal manera que para cada bioma se realizó un análisis multicriterio que permitió definir las áreas óptimas para realizar acciones de compensación y/o restauración teniendo en cuenta los instrumentos de planificación territorial generados por diferentes instituciones o autoridades ambientales a nivel nacional o regional. Es de resaltar que estas áreas fueron definidas bajo criterios ecosistémicos, ecológicos y de paisaje, con lo cual las acciones a realizar en estas dependerán en su totalidad de los acercamientos con las comunidades y propietarios para determinar su nivel de compromiso con las potenciales acciones a desarrollar.

En la Figura 2.5-89 se esquematiza los insumos cartográficos utilizados para realizar el análisis multicriterio dentro de la definición de las áreas con equivalencias ecosistémicas, ecológicas y de paisaje. Toda la información utilizada para el análisis procede de instituciones oficiales que generan información cartográfica ambiental que alimentan los procesos de selección de las áreas. Se analizaron los portafolios de conservación con sus diferentes temáticas internas, el libro rojo de ecosistemas de Colombia LRE, las Áreas Prioritarias para Inversión 1% y Compensación (APIC) y entre otras fuentes. El análisis realizado con esta información garantiza que las áreas seleccionadas cumplen con todos los requerimientos de las autoridades de orden nacional y regional, con lo cual la toma de decisiones con respecto de las áreas se realizó de manera objetiva y con soporte técnico a nivel de las fuentes de la información utilizadas.



**Figura 2.5-89. Fuentes de información análisis multicriterio áreas con equivalencias ecológicas**

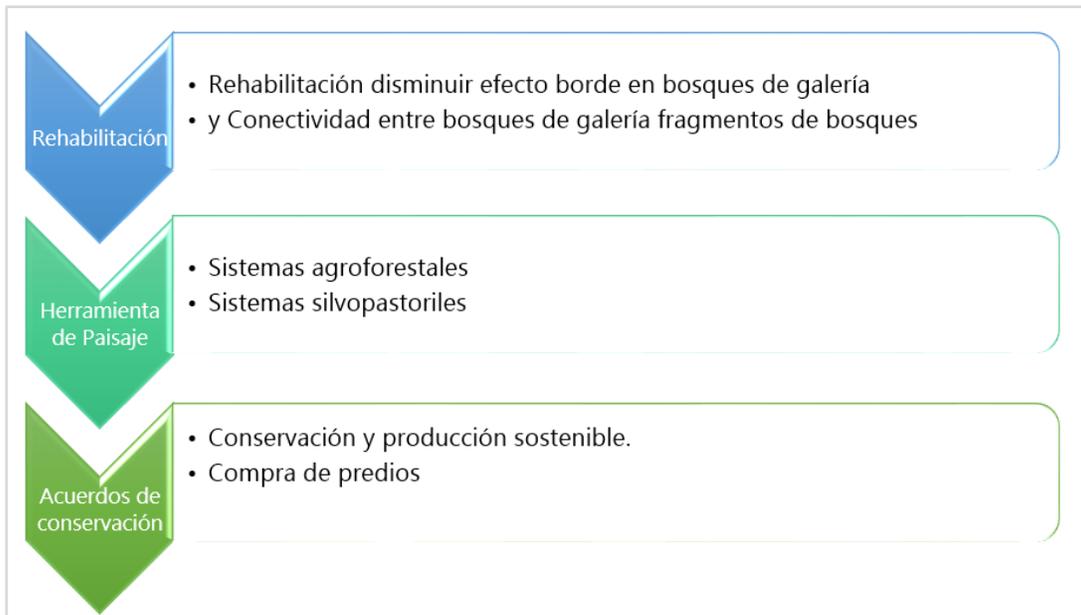
Fuente: OPERADORA SHANGRI-LA S.A.S. E.S.P. y NATURA MEDIO AMBIENTE (2021)

### 2.5.10.9 Cómo compensar

En la Figura 2.5-90 se esquematiza, dentro del marco metodológico utilizado para la definición de las compensaciones del componente biótico, los escenarios evaluados para la elaboración del documento. Con los resultados obtenidos de los análisis multicriterio para cada uno de los biomas se definió la mejor acción de compensación de acuerdo con los requerimientos de los ecosistemas y su nivel de afectación actual por la ganadería y el cultivo industrial de palma africana. Como parte de la metodología se analizó la compensación a través de acciones de rehabilitación, también ampliando el espectro del accionar y acorde al sistema productivo dominante en la zona analizó también sistemas silvopastoriles dentro del enfoque de uso sostenible y acuerdos de conservación.

La aplicación de la presente metodología permitió la obtención de los resultados preliminares sobre las potenciales áreas para la implementación de las medidas de compensación al igual que la definición del cómo compensar. En función de la consolidación del proyecto de compensación, es posible que surjan modificaciones en los predios definitivos, en los beneficiarios, cambios en las acciones, modos, mecanismos

y formas de implementación, sin embargo, se mantendrá el mismo tipo de ecosistema objeto de compensación de acuerdo con las directrices establecidas en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico.



**Figura 2.5-90. Análisis de escenarios para la aplicación del como compensar**

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