ecopetrol

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE DESARROLLO BUCARE

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

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

CONTENIDO

1 GENERALIDADES 1
1.1 INTRODUCCION 1
1.1.1 Localización General 1
1.1.2 Justificación 3
1.1.3 Procedimientos de recolección, procesamiento y análisis de información 3
1.1.4 Contenido del Estudio de Impacto Ambiental 3
1.1.5 Estrategias de desarrollo para el Área de Desarrollo Bucare 5
1.2 OBJETIVOS 6
1.3 ANTECENDENTES 8
1.3.1 Superposición de proyectos 8
1.3.2 Permiso de Estudios para la Recolección de Especímenes de Especias Silvestres 8
1.3.3 Procedencia o no de la consulta previa 8
1.3.4 Registro del programa de arqueología 8
1.3.5 Presencia de áreas de conservación y protección ambiental 8
1.3.6 Marco normativo aplicable 9
1.4 ALCANCES 18
1.4.1 Limitaciones y/o restricciones del EIA 19
1.4.1.1 Componente civil 20
1.4.1.2 Geología 20
1.4.1.3 Geomorfología 20
1.4.1.4 Geotecnia 21
1.4.1.5 Hidrogeología 21
1.4.1.6 Hidrología 22
1.4.1.7 Suelos 23
1.4.1.8 Calidad del agua 25
1.4.1.9 Usos del agua 26
1.4.1.10 Componente atmosférico 26
1.4.1.11 Flora 26
1.4.1.12 Flora epífita 27
1.4.1.13 Fauna 28
1.4.1.14 Ecosistemas Acuáticos 29
1.4.1.15 Medio socioeconómico 30
1.4.1.16 Paisaje 35
1.5 METODOLOGÍA 35
1.5.1 Especificaciones para la presentación de la información geográfica y cartográfica 35
1.5.1.1 Captura de información 35
1.5.1.1.1 Definición de ventana cartográfica 35
1.5.1.1.2 Revisión de fuentes de información secundaria 36
1.5.1.1.3 Actualización cartografía base 37
1.5.1.2 Entrega de información geográfica y cartográfica 39
1.5.1.2.1 Etapa post-campo y actualización de la cartografía final 39
1.5.1.2.2 Calidad de la información 40
1.5.1.2.3 Consolidación de entregables 41
1.5.1.2.3.1 Almacenamiento en Modelo de Datos vigente 41
1.5.1.2.3.2 Insumos 41

1.5.1.2.3.3 Metadatos 41
1.5.1.2.3.4 MXD 41
1.5.1.2.3.5 PDF 42
1.5.1.3 Estructura archivo leáme 42
1.5.1.4 Notas aclaratorias de la GDB 43
1.5.2 Metodología para el componente civil 58
1.5.2.1 Actividades Pre-campo 58
1.5.2.2 Actividades de Campo 65
1.5.2.3 Actividades Post-campo 66
1.5.3 Medio abiótico 68
1.5.3.1.1 Geología 68
1.5.3.1.2 Geomorfología 81
1.5.3.1.3 Geotecnia 141
1.5.3.1.4 Hidrogeología 142
1.5.3.1.4.1 Etapa precampo 143
1.5.3.1.4.2 Etapa de campo 144
1.5.3.1.4.3 Etapa de análisis y resultados 153
1.5.3.1.5 Suelos 175
1.5.3.1.6 Hidrología 207
1.5.3.1.6.1 Etapa precampo 207
1.5.3.1.6.2 Etapa de campo 211
1.5.3.1.6.3 Etapa postcampo 226
1.5.3.1.7 Calidad del agua 249
1.5.3.1.8 Usos del agua 260
1.5.3.1.9 Componente atmosférico 263
1.5.3.1.9.1 Clima 263
1.5.3.1.9.2 Emisiones atmosféricas 269
1.5.3.2 Medio biótico 283
1.5.3.2.1 Zonas de vida 283
1.5.3.2.2 Determinación de bioma 284
1.5.3.2.3 Etapa de Campo 285
1.5.3.2.4 Etapa Post-campo 285
1.5.3.2.5 Identificación de unidades bióticas 285
1.5.3.3 Coberturas de la tierra 285
1.5.3.3.1 Aspectos técnicos de la interpretación de coberturas 285
1.5.3.3.1.1 Clasificación temática de unidades de cobertura 285
1.5.3.3.1.2 Técnica de interpretación de las unidades de cobertura 286
1.5.3.3.1.3 Unidad espacial y unidad mínima cartografiable 286
1.5.3.3.2 Elaboración del mapa de coberturas de la tierra 287
1.5.3.3.3 Etapa Pre-campo 288
1.5.3.3.4 Etapa de Campo 289
1.5.3.3.5 Etapa Post-campo 289
1.5.3.4 Ecosistemas terrestres 290
1.5.3.4.1 Flora 291

1.5.3.4.1.1 Etapa Pre-campo ... 291
1.5.3.4.1.2 Fase de Campo ... 293
1.5.3.4.1.3 Fase Post-campo ... 299
1.5.3.4.2 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas ... 305
1.5.3.4.2.1 Etapa Pre-campo ... 306
1.5.3.4.2.2 Etapa Post-campo ... 306
1.5.3.4.3 Flora vascular y no vascular ... 307
1.5.3.4.3.1 Etapa pre-campo ... 307
1.5.3.4.3.2 Fase de campo ... 312
1.5.3.4.3.3 Fase Post-campo ... 324
1.5.3.4.4 Fragmentación y conectividad ... 327
1.5.3.4.4.1 Análisis multitemporal ... 328
1.5.3.4.4.2 Estructura del paisaje ... 328
1.5.3.4.4.3 Caracterización del paisaje ... 329
1.5.3.4.4.4 Obtención de métricas a nivel de parche, clase y paisaje ... 329
1.5.3.4.4.5 Obtención de métricas a nivel de parche ... 330
1.5.3.4.4.6 Obtención de métricas a nivel de clase ... 330
1.5.3.4.4.7 Obtención de métricas a nivel de paisaje ... 332
1.5.3.4.4.8 Análisis de áreas centrales ... 333
1.5.3.4.5 Conectividad ... 335
1.5.3.4.5.1 Conectividad estructural: contexto paisajístico ... 335
1.5.3.4.5.2 Conectividad funcional ... 336
1.5.3.4.5.3 Rutas de menor costo ... 347
1.5.3.4.6 Fauna ... 377
1.5.3.4.6.1 Etapa precampo ... 377
1.5.3.4.6.2 Etapa de campo ... 378
1.5.3.4.6.3 Etapa postcampo ... 436
1.5.3.4.7 Ecosistemas Acuáticos ... 443
1.5.3.4.7.1 Etapa precampo ... 443
1.5.3.4.7.2 Etapa de campo ... 478
1.5.3.4.7.3 Etapa poscampo ... 486
1.5.4 Medio socioeconómico ... 489
1.5.4.1 Metodología caracterización del área de influencia del medio socioeconómico ... 489
1.5.4.2 Cartografía social ... 493
1.5.4.3 Metodología lineamientos de participación ... 497
1.5.4.4 Piezas comunicativas y divulgación ... 499
1.5.5 Paisaje ... 505
1.5.5.1.1 Pre-campo ... 505
1.5.5.1.2 Campo ... 505
1.5.5.1.3 Post-campo ... 506
1.5.5.1.3.1 Identificación de las unidades del paisaje ... 506

1.5.5.1.3.2 Percepción social del paisaje 511
1.5.5.1.3.3 Sitios de interés paisajismo 512
1.5.5.1.3.4 Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico 512
1.5.5.1.3.5 Percepción de las comunidades respecto del valor paisajístico y de la relación de este con su cultura e identidad local y regional 512
1.5.5.1.3.6 Descripción de la Ecología del Paisaje 512
1.5.6 Servicios ecosistémicos 513
1.5.6.1.1 Pre-campo 514
1.5.6.1.2 Campo 518
1.5.6.1.2.1 Definición de los servicios ecosistémicos 519
1.5.6.1.2.2 Identificación de los servicios ecosistémicos. 519
1.5.6.1.2.3 Cartografia social 520
1.5.6.1.3 Post-campo 521
1.5.6.1.3.1 Definición de la unidad mínima de análisis 522
1.5.6.1.3.2 identificación de los servicios ecosistémicos 522
1.5.6.1.3.3 Definición del estado de los SSEE identificados 523
1.5.6.1.3.4 Cuantificación de los usuarios de cada uno de los servicios ecosistémicos 523
1.5.6.1.3.5 Determinación de la dependencia de los beneficiarios ante los servicios ecosistémicos 524
1.5.6.1.3.6 determinación de la tendencia de los servicios ecosistémicos 524
1.5.6.1.3.7 Determinación de la incidencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos 525
1.5.7 Metodología para la evaluación ambiental 525
1.5.7.1 Identificación y evaluación de impactos para el escenario sin proyecto 526
1.5.7.2 Identificación y evaluación de impactos para el escenario con proyecto 526
1.5.7.3 Escala de valores de los parámetros a evaluar 526
1.5.7.3.1 Importancia ambiental del impacto (IA) 530
1.5.7.3.2 Impactos Residuales 533
1.5.7.4 Evaluación económica ambiental 536
1.5.8 Metodología para la zonificación ambiental 541
1.5.9 Metodología para planes y programas 541
1.5.9.1 Metodología para programas de Manejo Ambiental 542
1.5.9.2 Metodología para Plan de Seguimiento y Monitoreo 543
1.5.9.3 Metodología para Plan de gestión del riesgo 544
1.5.9.4 Metodología para Plan de desmantelamiento y abandono 544

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 División política – organizativa en el área de influencia del Área de Desarrollo Bucare ... 2
Tabla 1-2 Contenido del Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare 4
Tabla 1-3 Estrategias de desarrollo general y específicas para el proyecto Área de Desarrollo Bucare 5

Tabla 1-4 Marco normativo aplicable 11
Tabla 1-5 Puntos de Ocupación de cauce sin acceso 20
Tabla 1-6 Puntos de monitoreo sin acceso para la temporada de mayor precipitación 25
Tabla 1-7 Fuentes de información cartográfica 36
Tabla 1-8 Listado de mapas 41
Tabla 1-9 Clasificacion de vías Según su funcionalidad - INVIAS 59
Tabla 1-10 Clasificacion de vías Según sus Especificaciones - IGAC 59
Tabla 1-11 Principales Resoluciones aplicables al Área de Desarrollo Bucare 62
Tabla 1-12 Fuentes de materiales identificadas en la region 64
Tabla 1-13 Información secundaria recopilada 68
Tabla 1-14 Insumos cartográficos empleados. 70
Tabla 1-15 Información secundaria recopilada para la definición de los criterios geomorfológicos preliminares presentes en el área. 81
Tabla 1-16 Insumos utilizados en la verificación de la cartografía geomorfológica preliminar. 82
Tabla 1-17 Consolidado de componentes geomorfológicas preliminares precampo. 83
Tabla 1-18 Puntos de control de componentes geomorfológicos planeados en fase pre-campo. 101
Tabla 1-19 Puntos de control de procesos morfodinámicos planeados en fase pre-campo. 111
Tabla 1-20 Puntos de control de componentes geomorfológicos tomados en fase de campo. 115
Tabla 1-21 Puntos de control de procesos morfodinámicos tomados en fase de campo. 127
Tabla 1-22 Consolidado final de componentes geomorfológicas en etapa post-campo. 131
Tabla 1-23 Relación susceptibilidad – estabilidad geotécnica 142
Tabla 1-24 Información secundaria recopilada 143
Tabla 1-25 Calificación estimativa de los valores de transmisividad 158
Tabla 1-26 Calificación estimativa de los valores de conductividad hidráulica 158
Tabla 1-27 Valores de coeficiente de almacenamiento según el tipo de material 159
Tabla 1-28 Productividad de un acuífero en función de la capacidad específica 160
Tabla 1-29 Valores sugeridos para los parámetros Kp y Kv según 163
Tabla 1-30 Categorías del potencial de recarga hídrica y su respectivo rango 166
Tabla 1-31 Correlación entre el potencial de recarga hídrica y las zonas de recarga 167
Tabla 1-32 Valoración de los parámetros empleados en el método DRASTIC para el cálculo de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación 169
Tabla 1-33 Factores de ponderación y rangos de los parámetros empleados en el método DRASTIC para el cálculo de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación 171
Tabla 1-34 Homologación geomorfológica 176
Tabla 1-35 Estructura de la leyenda preliminar de suelos 178
Tabla 1-36 Ubicación de los Puntos de Observación para el área de influencia del proyecto 179
Tabla 1-37 Consolidado observaciones realizadas por unidad geomorfológica 180
Tabla 1-38 Localización de las calicatas 185
Tabla 1-39 Análisis estadísticos y tipo de unidad cartográfica 188
Tabla 1-40 Cambio de nomenclatura observaciones de campo por ajuste de geomorfología 193
Tabla 1-41 Parámetros fisicoquímicos determinados en el estudio 195
Tabla 1-42 Interpretación de parámetros químicos del suelo 196
Tabla 1-43 Interpretación pH 197
Tabla 1-44 Interpretación velocidad de infiltración básica 198
Tabla 1-45 Interpretación Conductividad hidráulica 198
Tabla 1-46 Interpretación porosidad total 198
Tabla 1-47 Interpretación Índice de plasticidad 198

Tabla 1-48 Densidad aparente ideal, de acuerdo a la textura del suelo 199
Tabla 1-49 Interpretación de diámetro promedio ponderado (DPM) para estabilidad estructural. 199
Tabla 1-50 Valores normales de agua aprovechable en base volumétrica, de acuerdo a la textura del suelo 199
Tabla 1-51 Clases por rango de fertilidad 200
Tabla 1-52 Matriz para evaluar fertilidad del suelo 200
Tabla 1-53 Parámetros para evaluar para determinar la capacidad de uso de un suelo 202
Tabla 1-54 Parámetros para determinar el nivel y el tipo de salinidad de un suelo 205
Tabla 1-55 Tipo de erosión, clase y grado de severidad 205
Tabla 1-56 Puntos de control hidrológico propuestos pre-campo 208
Tabla 1-57 Puntos de control hidrológico levantados en campo 212
Tabla 1-58 Clasificación de las cuencas en función del área 233
Tabla 1-59 Clasificación de las cuencas en función del área 234
Tabla 1-60 Clasificación de las cuencas según pendiente del cauce 235
Tabla 1-61 Clasificación de las cuencas según el índice de compacidad K_c 235
Tabla 1-62 Clasificación de las cuencas según el índice de forma K_f 236
Tabla 1-63 Clasificación de las cuencas según el índice de sinuosidad S_s 236
Tabla 1-64 Clasificación de las cuencas según el índice de sinuosidad S_s-Schuum 236
Tabla 1-65 Clasificación de las cuencas según el índice de sinuosidad S_s-Morisawa 237
Tabla 1-66 Clasificación de las cuencas según la densidad de drenaje 237
Tabla 1-67 Parámetros del modelo GR4j 239
Tabla 1-68 Clasificación del índice de aridez (IA) 246
Tabla 1-69 Clasificación de retención y regulación hídrica (IRH) 247
Tabla 1-70 Clasificación del índice de uso de agua (IUA) 248
Tabla 1-71 Matriz índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH) 249
Tabla 1-72 Sitios de monitoreo de aguas superficiales en el área de influencia del proyecto Área de Desarrollo Bucare 250
Tabla 1-73 Parámetros en Agua Superficial 254
Tabla 1-74 Formas para la preservación de la muestra 256
Tabla 1-75 Ejemplo descripción de los puntos de monitoreo – Calidad de agua 257
Tabla 1-76 Rangos de contaminación ICO's 258
Tabla 1-77 Descriptores para presentar el aplicativo del ICA 258
Tabla 1-78 Equivalencias de la ecuación para el cálculo del ICOMO 258
Tabla 1-79 Equivalencias de la ecuación para el cálculo del ICOMI 259
Tabla 1-80 Variable fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO) 259
Tabla 1-81 Interpretación resultados índices ICOMO, ICOSUS, e ICOMI 260
Tabla 1-82 Interpretación resultados índice ICOTRO 260
Tabla 1-83 Información secundaria recopilada para el área de influencia del proyecto 261
Tabla 1-84 Estaciones seleccionadas para el análisis climático 264
Tabla 1-85 Rangos de pisos térmicos según la elevación en Colombia 267
Tabla 1-86 Rangos de la clasificación climática de Lang 268
Tabla 1-87 Tipos de clima según Caldas-Lang 268
Tabla 1-88 Descripción Puntos de Control Atmósfera 269
Tabla 1-89 Tipos de fuentes de contaminación atmosférica existentes 272
Tabla 1-90 Clasificación vial según IGAC 273
Tabla 1-91 Parámetros de aplicación del SVCAI del Área de Desarrollo Bucare 276

Tabla 1-92 Estaciones de monitoreo atmosférico escogidas 277
Tabla 1-93 Localización estaciones de monitoreo de ruido 278
Tabla 1-94 Puntos de recolección de muestra de finos y humedad 280
Tabla 1-95 Unidad mínima cartografiable 286
Tabla 1-96 Tamaño de las unidades de muestreo 293
Tabla 1-97 Variables de medición por categoría de tamaño 296
Tabla 1-98 Estadígrafo para el cálculo del error del volumen total 299
Tabla 1-99 Parámetros a evaluar en la caracterización florística y estructural 300
Tabla 1-100 Categorías de regeneración natural 303
Tabla 1-101 Parámetros a evaluar en la diversidad de comunidades vegetales arbóreas 304
Tabla 1-102 Fuentes de información secundaria consultada 308
Tabla 1-103 Condición de muestreo de especies en veda bajo Resolución 0213 de 1977 de INDERENA por unidad ecosistémica mediante aplicación de la Circular Externa 00002 de 2022 de ANLA 309
Tabla 1-104 Criterios de selección de forófitos 313
Tabla 1-105 Métodos de muestreo para especies en “otros sustratos” 313
Tabla 1-106 Distribución de datos “sin registro” por cobertura de la tierra y sustrato 315
Tabla 1-107 Especificaciones y subdivisiones para especies de “otros hábitos de crecimiento” . 319
Tabla 1-108 Técnicas de preservación, movilización y transporte para la flora vascular 320
Tabla 1-109 Técnicas de preservación, movilización y transporte para epífitas no vasculares. ... 324
Tabla 1-110 Índices ecológicos. 326
Tabla 1-111 Categorías resultantes análisis de fragmentación 334
Tabla 1-113 Rangos establecidos para determinar el grado de conectividad las clases naturales boscosas identificadas. 336
Tabla 1-113 Características ecológicas de la especie *Plecturocebus ornatus* (Zocay) 339
Tabla 1-114 Características ecológicas de la especie *Leopardus pardalis* (Tigrillo) 341
Tabla 1-115 Características ecológicas de la especie *Myrmecophaga tridactyla* (Oso Palmero gigante) 344
Tabla 1-116 Coberturas identificadas como parche de hábitat para las tres especies seleccionada para el área de influencia definitiva para el componente de fragmentación y conectividad ecológica 346
Tabla 1-117 Resistencia otorgada a cada una de las coberturas identificadas en el área de influencia físico-biótica del área de desarrollo Bucare para la especie *Plecturocebus ornatus* 349
Tabla 1-118 Resistencia otorgada a cada una de las coberturas identificadas en el área de influencia físico-biótica del área desarrollo Bucare para la especie *Leopardus pardalis* 358
Tabla 1-119 Resistencia otorgada a cada una de las coberturas identificadas en el área de influencia físico-biótica del área desarrollo Bucare para la especie *Myrmecophaga tridactyla* 367
Tabla 1-120 Resistencia otorgada a la distancia de las vías para las especies focales 376
Tabla 1-121 Resistencia otorgada a los canales para las especies *Plecturocebus ornatus y Myrmecophaga tridactyla* 376
Tabla 1-122 Fuentes de información secundaria para fauna con probable ocurrencia en el área de influencia fisico – biotica del proyecto 378
Tabla 1-123 Coordenadas de ubicación de los transectos para caracterización de herpetofauna en el área de influencia fisico – biotica. 380
Tabla 1-124 Coordenadas de ubicación de los transectos para caracterización de avifauna en el área de influencia fisico – biotica. 390

Tabla 1-125 Coordenadas de ubicación de las redes de niebla para captura de aves en el área de influencia fisico – biotica. 399
Tabla 1-126 Coordenadas de ubicación de los transectos para caracterización de mastofauna en el área de influencia fisico – biotica. 410
Tabla 1-127 Coordenadas de ubicación de las redes de niebla para captura de mamíferos en el área de influencia fisico – biotica. 418
Tabla 1-128 Coordenadas de ubicación de las AudioMoth para identificación de mamíferos en el área de influencia fisico – biotica. 429
Tabla 1-129 Coordenadas de ubicación de las Trampas Sherman para captura de mamíferos en el área de influencia físico – biótica. 431
Tabla 1-130 Coordenadas de ubicación de las Trampas Tomahawk para captura de mamíferos en el área de influencia físico – biótica. 433
Tabla 1-131 Coordenadas de ubicación de las cámaras trampa para captura de mamíferos en el área de influencia físico – biótica. 434
Tabla 1-132 Coordenadas de ubicación de los puntos de las entrevistas realizadas en el área de influencia fisico – biotica. 436
Tabla 1-133 Fuentes de validación taxonómica para grupos de fauna 437
Tabla 1-134 Fórmulas para el cálculo del esfuerzo de muestreo empleado en la caracterización de la fauna registrada para el área de influencia físico – biótica. 438
Tabla 1-135 Fórmulas para el cálculo de los índices de diversidad empleados en la caracterización de la fauna registrada para el área de influencia físico – biótica. 439
Tabla 1-136 Coordenadas de los puntos de monitoreo de ecosistemas acuáticos en el área de influencia. 443
Tabla 1-137 Puntos de monitoreo 446
Tabla 1-138 Métodos de muestreo para las comunidades hidrobiológicas 479
Tabla 1-139 Métodos de análisis en Laboratorio 483
Tabla 1-140 Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados para la obtención del BMWP/Col 488
Tabla 1-141 Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col 489
Tabla 1-142 Actores identificados en el área de influencia del proyecto 490
Tabla 1-143 Cronograma para el desarrollo de las reuniones informativas en el Momento -1 500
Tabla 1-144 Cronograma Momento 2 503
Tabla 1-145 Rangos de visibilidad y escalas visuales 506
Tabla 1-146 Criterios de evaluación para determinar la calidad visual 507
Tabla 1-147 Valoración de calidad visual 508
Tabla 1-148 Criterios de valoración de capacidad de absorción visual 509
Tabla 1-149 Fragilidad visual. 509
Tabla 1-150 Metodología para la determinación del atractivo escénico del paisaje según USDA (1995) 510
Tabla 1-151 Metodología para definir el nivel de integridad escénica del paisaje en el área de influencia del proyecto 510
Tabla 1-152 Rangos de visibilidad y escalas visuales 511
Tabla 1-153 Cronograma para el desarrollo de las reuniones informativas en el momento-2 518
Tabla 1-154 Categorías de los Servicios Ecosistémicos. 522
Tabla 1-155 Dependencia de los beneficiarios ante los servicios ecosistémicos. 524
Tabla 1-156 Dependencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos. 524

Tabla 1-157 Tendencia de los servicios ecosistémicos. 524
Tabla 1-158 Relación de los servicios ecosistémicos y la dependencia de las comunidades y el proyecto. 525
Tabla 1-159 Rangos de efecto del impacto 527
Tabla 1-160 Rangos de magnitud del impacto 527
Tabla 1-161 Rangos de resiliencia del impacto 528
Tabla 1-162 Rangos de tendencia del impacto 528
Tabla 1-163 Rangos de extensión del impacto 529
Tabla 1-164 Rangos de exposición del impacto 529
Tabla 1-165 Rangos de recuperabilidad del impacto 529
Tabla 1-166 Rangos de acumulación del impacto 530
Tabla 1-167 Rangos de sinergia del impacto 530
Tabla 1-168 Nivel de importancia de los impactos ambientales 531
Tabla 1-169 Evidencia y probabilidad de ocurrencia 531
Tabla 1-170 Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos Escenario Sin Proyecto . 532
Tabla 1-171 Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Sin Proyecto 532
Tabla 1-172 Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos Escenario Con Proyecto 533
Tabla 1-173 Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos Escenario Con Proyecto . 533
Tabla 1-174 Valoración del tiempo esperado de recuperación 534
Tabla 1-175 Efectividad esperada al aplicar la medida de control y manejo ambiental 534
Tabla 1-176 Grados de Recuperabilidad esperada con el transcurso del tiempo 535
Tabla 1-177 Análisis económicos que deben desarrollar quienes soliciten o posean licencias ambientales en el marco del Licenciamiento Ambiental en Colombia. 537
Tabla 1-178 Interpretación del Indicador de VPNA 540
Tabla 1-179 Contenido de fichas de manejo 542

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Localización general del Área de Desarrollo Bucare 2
Figura 1-2 Dinámica del rio Acacias 24
Figura 1-3 Predios sin permiso de acceso para la segunda temporada 26
Figura 1-4 Mapa de limitaciones y restricciones en el acceso a predios para el componente de flora 27
Figura 1-5 Mapa de limitaciones y restricciones en el acceso a predios para el componente de flora vascular y no vascular 28
Figura 1-6 Mapa de limitaciones y restricciones en el acceso a predios para el componente da fauna 29
Figura 1-7 Mapa de limitaciones y restricciones en el acceso a predios para el componente de ecosistemas acuáticos 30
Figura 1-8 Predios parte del área de influencia 34
Figura 1-9 Ventana Cartográfica 36
Figura 1-10 Digitalización cuerpos de agua 37
Figura 1-11 Representación de cuerpos de agua y cruces de vías 38
Figura 1-12 Digitalización infraestructura vial 38
Figura 1-13 Curvas de nivel 39
Figura 1-14 Puntos de control en campo 40

Figura 1-15 Identificación de Vías Nacionales en la región 60
Figura 1-16 Identificación de Vías de Acceso para el Proyecto 61
Figura 1-17 Estaciones de aforo para el estudio TPD 62
Figura 1-18 Infraestructura lineal Petrolera y Electrica en la región 63
Figura 1-19 Identificación de fuentes de materiales de la región 64
Figura 1-20 Formato de toma de información en campo 65
Figura 1-21 Formato para la toma de información en aforo Vehicular 66
Figura 1-22 Integración de la información geológica secundaria disponible mediante estudios ambientales 71
Figura 1-23 Análisis de cambios en las pendientes para el trazado de lineamientos. 73
Figura 1-24 Patrón de drenaje rectangular coincidente con lineamiento trazado. 74
Figura 1-25 Lineamientos trazados por el cambio repentino de la dirección de drenaje (a) Caño Chichimene; (b) Río Acacías; (c) Río Orotoy y afluente. 75
Figura 1-26 Análisis estructural mediante información secundaria e insumos cartográficos. 76
Figura 1-27 Estaciones de control geológico preliminares. 77
Figura 1-28 Formato de información geológica a diligenciar en la etapa de campo. 79
Figura 1-29 Formato de recolección de información en campo para unidades de suelo. 80
Figura 1-30 Consolidado unidades geomorfológicas precampo 83
Figura 1-31 Análisis geomorfológico para delimitación de Canales Artificiales (Aca) 85
Figura 1-32 Análisis geomorfológico para delimitación de Planos y campos de llenos antrópicos (Ar) 86
Figura 1-33 Análisis geomorfológico para delimitación de Excavaciones (Ase) 86
Figura 1-34 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano de abanico aluvial reciente (Faa) 87
Figura 1-35 Análisis geomorfológico para delimitación de Escarpe de abanico aluvial subreciente (Fea) 88
Figura 1-36 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano anegadizo de abanico aluvial subreciente (Fpaa) 89
Figura 1-37 Análisis geomorfológico para delimitación de Terraza de acumulación nivel uno (Fta 1) 89
Figura 1-38 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano anegadizo de terraza uno (Fpa 1) 90
Figura 1-39 Análisis geomorfológico para delimitación de Escarpe de terraza de acumulación nivel uno (Ftae 1) 91
Figura 1-40 Análisis geomorfológico para delimitación de Terraza de acumulación nivel dos (Fta 2) 91
Figura 1-41 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano anegadizo de terraza nivel dos (Fpa 2) utilizando Sentinel y perfiles topográficos 92
Figura 1-42 Análisis geomorfológico para delimitación de Escarpe de terraza de acumulación nivel dos (Ftae 2) 93
Figura 1-43 Análisis geomorfológico para delimitación de Terraza de acumulación nivel tres (Fta 3) 93
Figura 1-44 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano anegadizo de terraza tres (Fpa 3) 94
Figura 1-45 Análisis geomorfológico para delimitación de Escarpe de terraza de acumulación nivel tres (Ftae 3) 94
Figura 1-46 Análisis geomorfológico para delimitación de Meandros abandonados (Fma) 95

Figura 1-47 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano o Llanura de Inundación de drenajes mayores (Fpi1) 96
Figura 1-48 Análisis geomorfológico para delimitación de Cuenca de decantación (Fcd) 96
Figura 1-49 Análisis geomorfológico para delimitación de Barra puntual (Fbp) 97
Figura 1-50 Análisis geomorfológico para delimitación de Barra puntual (Fbp) 97
Figura 1-51 Análisis geomorfológico para delimitación de Isla (Fi) 98
Figura 1-52 Análisis geomorfológico pre- campo para delimitación de Orillar (Or) 98
Figura 1-53 Análisis geomorfológico para revisión de albardones (Fca) 99
Figura 1-54 Análisis geomorfológico para delimitación de Cauce aluvial (Fca) 100
Figura 1-55 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano de inundación de drenajes menores (Fpi2) 100
Figura 1-56 Análisis geomorfológico para delimitación de Laguna (Flg) 101
Figura 1-57 Formato de recolección de datos información geomorfológica en campo 115
Figura 1-58 Formato de recolección de datos procesos erosivos en campo 127
Figura 1-59 Esquema de la combinación cualitativa de variables y mapas temáticos 142
Figura 1-60 Esquema ubicación de canales para adquisición de tomografía eléctrica, método Dipolo-Dipolo 147
Figura 1-61 Esquema ubicación de canales para adquisición de tomografía eléctrica, método Wenner Alpha 147
Figura 1-62 Tipos de pruebas de bombeo 151
Figura 1-63 Formato FUNIAS 154
Figura 1-64 EMPower, software de procesamiento robusto, edición de curvas y generación de archivos. EDI 155
Figura 1-65 Izquierda. Calibración de la profundidad de penetración y asignación de resistividad inicial. Derecha, suavizado de las curvas 156
Figura 1-66 Etapas del proceso de inversión de datos de resistividad eléctrica. 157
Figura 1-67 Cono de influencia generado al bombear 160
Figura 1-68 Variables consideradas para estimar la vulnerabilidad de los acuíferos por el método DRASTIC 168
Figura 1-69 Diagrama esquemático Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC). 172
Figura 1-70 Geomorfología del área de influencia bajo los lineamientos del IGAC, 2019 178
Figura 1-71 Localización de las observaciones de campo tipo cajuela y barreno 182
Figura 1-72 Localización de las calicatas 186
Figura 1-73 Formato F40100-35 187
Figura 1-74 Matriz de decisión para determinar conflictos por uso de la tierra 204
Figura 1-75 Cuencas hidrográficas preliminares 208
Figura 1-76 Puntos de control propuestos para el componente hidrológico 211
Figura 1-77 Formato de recolección de información hidrológica en campo 212
Figura 1-78 Puntos de control levantados en campo para el componente hidrológico 225
Figura 1-79 Esquema modelo hidrológico GR4j 238
Figura 1-80 Algoritmo para el cálculo del caudal ambiental a partir de la CDC y el IRH 244
Figura 1-81 Puntos de monitoreo de calidad del agua superficial 250
Figura 1-82 Estaciones del IDEAM 253
Figura 1-83 Formato de campo para levantamiento de información de usos y usuarios 262
Figura 1-84 Localización de las estaciones meteorológicas consultadas 265
Figura 1-85 Puntos de Control Atmósfera 270
Figura 1-86 Formato de toma de información en aforo vehicular 274

Figura 1-87 Puntos de aforo Vehicular 275
Figura 1-88 Localización estaciones de monitoreo de calidad del aire 277
Figura 1-89 Localización estaciones de monitoreo de ruido 279
Figura 1-90 Puntos de muestreo de finos 281
Figura 1-91 Modelo conceptual para fuentes de emisión lineales. 282
Figura 1-92 Diagrama bioclimático de Holdridge para la clasificación de zonas de vida. 284
Figura 1-93 Imagen Satelital 288
Figura 1-94 Flujograma de trabajo para la identificación de Coberturas Corine Land Cover Fuente: SGI S.A.S., 2025 290
Figura 1-95 Flujograma de identificación de los Ecosistemas terrestres 291
Figura 1-96 Plantillas de campo del aplicativo FULCRUM 295
Figura 1-97 Recomendaciones medición CAP 298
Figura 1-98 Factor forma según la forma del fuste 301
Figura 1-99 Pre-muestreo para la caracterización de las especies vasculares y no vasculares de diferentes hábitos de crecimiento 312
Figura 1-100 Localización general de los puntos de muestreo de especies vasculares (con y sin veda) y no vasculares en veda nacional 316
Figura 1-101 Subdivisión del forófitos en estratos verticales según la metodología de Johansson (1974) 318
Figura 1-102 Toma de datos en campo de especies epífitas 319
Figura 1-103 Cuadrícula de 10x10 cm y 20x30 cm empleadas para el cálculo de cobertura de especies no vasculares 322
Figura 1-104 Cuadrante de 1 x 1 m y subcuadrantes de 10 x 10 cm empleadas para el cálculo de cobertura de las especies no vasculares de hábito terrestre 323
Figura 1-105 Categorías de fragmentación. 334
Figura 1-106 Criterios de selección para las especies a modelar 337
Figura 1-107 Puntos de registro para la especie *Plecturocebus ornatus* en el área de influencia físico-biótica del área de desarrollo BucareFuente: S.G.I. S.A.S., 2025 341
Figura 1-108 Puntos de registro para la especie *Leopardus pardalis* en el área de influencia físico-biótica del área de desarrollo Bucare 343
Figura 1-109 Puntos de registro para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el área de influencia físico-biótica del área de desarrollo Bucare 345
Figura 1-110 Mapa de los sitios de muestreo de herpetofauna en el área de influencia 389
Figura 1-111 Mapa de los sitios de muestreo de avifauna en el área de influencia 409
Figura 1-112 Configuración del software del AudioMoth para el registro acústico en campo 428
Figura 1-113 Mapa de los sitios de muestreo de mastofauna en el área de influencia 435
Figura 1-114 Mapa de los puntos de muestreo hidrobiológicos en aguas superficiales en el área de influencia 478
Figura 1-115 Contexto metodológico para la ejecución de los lineamientos de participación durante la elaboración del EIA para el Área de Desarrollo Bucare. 491
Figura 1-116 Bitácora Avanzada momento 1 EIA para el Área de Desarrollo Bucare. 499
Figura 1-117 Formato de encuestas Paisaje 505
Figura 1-118 Integración de los servicios ecosistémicos y el bienestar humano 513
Figura 1-119 Ejemplos de algunos servicios ecosistémicos que pueden estar en el área 515
Figura 1-120 Roll up diseñado para la explicación de las categorías de los servicios ecosistémicos 516

Figura 1-121 Formato para la consignación de información asociada a los servicios ecosistémicos identificados..... 517
Figura 1-122 Mapa de cartografía social diseñado para la ubicación de los servicios ecosistémicos 518
Figura 1-123 Integración entre los componentes del estudio para la identificación de los Servicios ecosistémicos. 522
Figura 1-124 Estructura general del proceso de evaluación económica ambiental en la evaluación ambiental 537
Figura 1-125 Clasificación de las metodologías de valoración 539

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-1 Barra del rio Acacias-depósitos de cauce 23
Fotografía 1-2 Lámina de agua en cubeta de decantación del plano de inundación del rio Guayuriba-UCS RVPCDD 25
Fotografía 1-3 Solicitud de permiso Ingreso a predio 31
Fotografía 1-4 Permiso Ingreso a predio 31
Fotografía 1-5 Seguimiento a información primaria a través de Chat de WhatsApp..... 32
Fotografía 1-6 Seguimiento a información primaria a través de correo 32
Fotografía 1-7 Seguimiento a información primaria a través de contacto telefónico. 33
Fotografía 1-8 Toma de información en Campo 65
Fotografía 1-9 Tendido de cables para realizar las tomografías 145
Fotografía 1-10 Instalación de los electrodos 146
Fotografía 1-11 Instalación de electrodos y sensores magnéticos 148
Fotografía 1-12 Instalación datalogger pruebas de bombeo 151
Fotografía 1-13 Aforo volumétrico 152
Fotografía 1-14 Observación tipo cajuela 183
Fotografía 1-15 Observación tipo barreno 183
Fotografía 1-16 Observación tipo Calicata 7 185
Fotografía 1-17 Islote en el plano de inundación del Rio Chichimene 190
Fotografía 1-18 Meandro abandonado 190
Fotografía 1-7 Herbazal inundable dentro de un meandro abandonado (Cuerpo de agua) 191
Fotografía 1-8 Vega de Vallecito 191
Fotografía 1-9 Complejo de oríllales-depósito de cauce 192
Fotografía 1-22 Vega de vallecito de piedemonte 192
Fotografía 1-23 Marcación de parcelas 294
Fotografía 1-24 Instalación de parcelas 294
Fotografía 1-25 Toma de datos en FULCRUM 295
Fotografía 1-26 Medición del CAP a los 1,3 m 296
Fotografía 1-27 Marcación del CAP a los 1,3 m 296
Fotografía 1-28 Colecta del material vegetal en campo. 298
Fotografía 1-29 Procesamiento de material vegetal colectado 298
Fotografía 1-30 Toma de datos al forófito 317
Fotografía 1-31 Cuadrantes para el conteo de especies en otros hábitos 320
Fotografía 1-26 Colecta de especies vasculares en veda 321
Fotografía 1-27 Montaje de especies vasculares 321

Fotografía 1-34 Cálculo de cobertura de epífitas no vasculares mediante el uso de cuadrículas 322
Fotografía 1-35 Cuadrante de 1 x 1 m para el cálculo de cobertura de flora no vascular de hábito terrestre 323
Fotografía 1-36 Colecta de muestras no vasculares 324
Fotografía 1-37 Almacenamiento de muestras no vasculares en veda 324
Fotografía 1-38 *Plecturocebus ornatus* 339
Fotografía 1-39 Leopardus pardalis 341
Fotografía 1-40 *Myrmecophaga tridactyla* (Oso Palmero) 344
Fotografía 1-41 Muestreo diurno para la caracterización de herpetos 379
Fotografía 1-42 Muestreo nocturno para la caracterización de herpetos 379
Fotografía 1-43 Captura de individuos para su identificación morfológica 380
Fotografía 1-44 Transectos de observación para caracterización de aves 390
Fotografía 1-45 Instalación redes de niebla para caracterización de aves 398
Fotografía 1-46 Captura de aves en redes de niebla 398
Fotografía 1-47 Transectos de observación para caracterización de mamíferos 410
Fotografía 1-43 Instalación redes de niebla para caracterización de mamíferos 418
Fotografía 1-44 Captura de mamíferos voladores en redes de niebla 418
Fotografía 1-45 AudioMoth para el registro acústico de mamíferos 429
Fotografía 1-46 Trampa Sherman para la captura de pequeños mamíferos 431
Fotografía 1-47 Trampa Tomahawk para la captura de pequeños mamíferos 433
Fotografía 1-48 Instalación de cámaras trampa para mamíferos 434
Fotografía 1-48 Encuestas de fauna para complemento de información secundaria 436
Fotografía 1-55 Técnica de recolección de macroinvertebrados acuáticos 480
Fotografía 1-56 Técnica de recolección de Perifiton 480
Fotografía 1-57 Técnica de recolección de Plancton 481
Fotografía 1-58 Técnica de recolección macrófitas 482
Fotografía 1-59 Formato para el registro de macrófitas 482
Fotografía 1-60 Recolección de ictiofauna mediante atarraya 483
Fotografía 1-61 Recolección de ictiofauna mediante red de arrastre 483
Fotografía 1-62 Formato de caracterización medio socioeconómico 493
Fotografía 1-57 Cartografía Social 494
Fotografía 1-64 Calendario Comunitario 495
Fotografía 1-59 Formato de ficha predial 496
Fotografía 1-66 Formato de Censo dependencia Económica 497
Fotografía 1-67 Banner Identificación impactos sin proyecto 502
Fotografía 1-68 Banner Identificación impactos con proyecto 502
Fotografía 1-69 Biombos 504
Fotografía 1-70 Agenda 504
Fotografía 1-71 Explicación de que son los servicios ecosistémicos. Momento-2 de participación. Vereda Quebraditas 519
Fotografía 1-72 Explicación de que servicios ecosistémicos pueden encontrarse en el área de influencia. Momento-2 de participación. Vereda Quebraditas 520
Fotografía 1-67 Ejercicio de cartografía social. Momento-2 de participación. Vegeta Montelibano Sector Bajo. 521

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

La empresa Ecopetrol S.A, ante la proyección de explotación de hidrocarburos, solicita autorización para la ejecución de actividades de producción de hidrocarburos por medio de la obtención de la Licencia Ambiental Global para el Área de Desarrollo Bucare. Lo anterior siguiendo los lineamientos dispuestos en el Articulo 2.2.2.3.1.4. Licencia ambiental global, del Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible (MAVDS).

La empresa Ecopetrol S.A., para adelantar el servicio de consultoría para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare ha contratado los servicios de Servicios Geológicos Integrados S.A.S como soporte para la solicitud de Licencia Ambiental .Este documento tiene como propósito presentar el "Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el Área de Desarrollo Bucare", la cual se encuentra ubicada en el municipio de Acacias, departamento del Meta, considerando la normatividad ambiental vigente y utilizando como guía los lineamiento establecidos en los términos de referencia para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental para Proyecto de Explotación de Hidrocarburos (HI-TER 1-03) acogidos mediante Resolución N° 1544 del 6 de agosto de 2010, expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS) y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales – MADS, 2018, acogida mediante Resolución N° 1402 del 25 de julio de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Dichos instrumentos, son una herramienta fundamental para la evaluación, planeación y toma de decisiones sobre la manera más sostenible de llevar a cabo las actividades proyectadas y las medidas de manejo requeridas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos causados por el desarrollo del campo.

En el área a licenciar se desarrollarán actividades de construcción y operación de infraestructura como plataformas de perforación, facilidades de producción, líneas de flujo, vías de acceso, perforación de pozos (exploratorios, productores, inyectores y/o disposal); adicional se contemplan actividades de adecuación de vías de acceso para el ingreso a las áreas operativas, así como las diferentes obras complementarias que se requieren para el desarrollo del proyecto como: sistemas de tratamiento de residuos sólidos y líquidos, entre otros.

La elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, se adelantó entre los meses de octubre de 2024 a octubre de 2025, considerando las etapas necesarias para su elaboración entre los cuales se encuentran:

- **Fase Previa:** Planteamiento de área de influencia fase previa, recopilación de información secundaria (cualitativa y/o cuantitativa).
- **Fase de campo:** Socializaciones con comunidades, recolección de información primaria para los diferentes componentes.
- **Fase documental:** Elaboración de documentos y cartografía

1.1.1 Localización General

La localización a nivel del área de influencia del Área de Desarrollo Bucare se encuentra circunscrita a la jurisdicción de las unidades territoriales mayores del municipio de Acacias, departamento del Meta y como unidad territorial menor se encuentra en las veredas mencionadas en la **Tabla 1-1**.

Tabla 1-1 División política – organizativa en el área de influencia del Área de Desarrollo Bucare

UNIDADES TERRITORIALES MAYORES		UNIDADES TERRITORIALES MENORES
DEPARTAMENTO	**MUNICIPIO**	**VEREDA**
Meta	Acacias	Caño Hondo
		El Triunfo
		La Loma
		La Primavera
		La Unión
		Montelibano
		Montelibano Bajo
		Quebraditas
		San Cayetano
		Santa Rosa
		Dinamarca
		Patio Bonito

*Fu*ente: SGI S.A.S., 2025

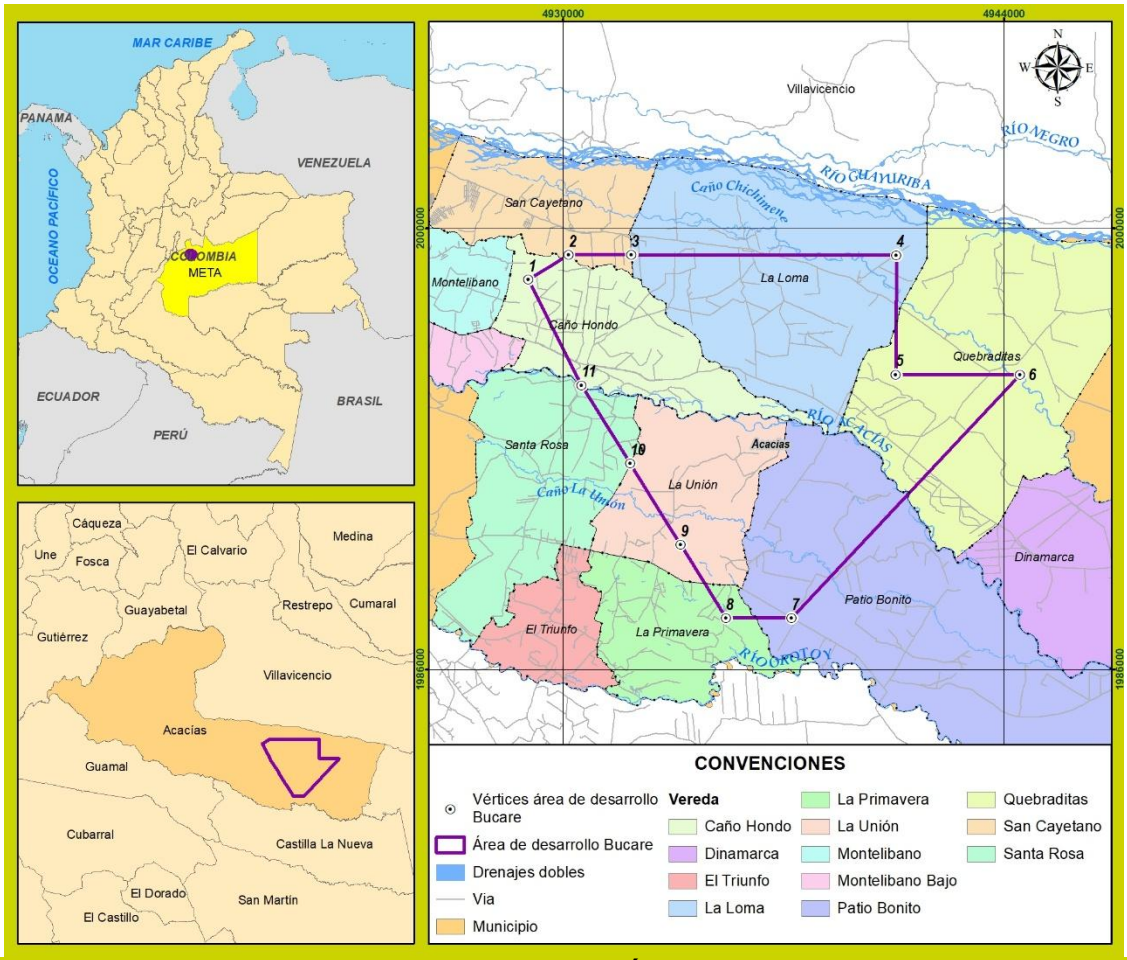


Figura 1-1 Localización general del Área de Desarrollo Bucare
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.1.2 Justificación

En el año 2009, Ecopetrol S.A y la Agencia Nacional de Hidrocarburos suscribieron el contrato de Exploración y Producción de Hidrocarburos E&P Área CPO-9 con un área de 65.358 Ha, esto con el fin de aumentar la producción de hidrocarburos de propiedad del estado y generar regalías para las regiones.

Teniendo en cuenta lo anterior y con el objeto de incrementar los recursos y la producción asociada de hidrocarburos en el país, Ecopetrol S.A, considerando el potencial del Área de Desarrollo Bucare y con el fin de consolidar una zona de producción, definió la realización del presente Estudio de Impacto Ambiental como instrumento para el licenciamiento ambiental que permita en lo posible obtener la caracterización de las condiciones físicas, biótica, socioeconómicas y culturales actuales del área donde se plantea el desarrollo de la infraestructura del proyecto; determinando qué impactos ambientales puede generar la ejecución del proyecto de desarrollo.

Así como establecer los mecanismos para la implementación del proyecto con el mínimo impacto al ambiente, fijando para ello las estrategias ambientales de manejo de la actividad entre las que se encuentran la zonificación ambiental, zonificación de manejo y el diseño de las medidas de manejo posibles para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar esos impactos.

1.1.3 Procedimientos de recolección, procesamiento y análisis de información

La elaboración del presente Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare se realizó en tres (3) fases: pre-campo, campo y post-campo. En la primera fase se definió el área de influencia fase previa y se realizó la recolección y análisis de información secundaria necesaria para definir las metodologías y puntos de muestreos que fueron llevados a cabo en la fase de campo a través de la cual se obtuvo la información primaria (de tipo cualitativo y/o cuantitativo).

Finalmente, en la fase post-campo, se analizó la información secundaria y primaria, realizando la descripción de las características de la infraestructura existente y de las condiciones ambientales y sociales del área de influencia, cuya información se encuentra descrita en el Capítulo 3. Caracterización del área de influencia de los medios abiótico, biótico y socioeconómico y en el Capítulo 4. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales, mediante el cual se identificaron los permisos ambientales correspondientes.

De acuerdo con lo establecido en la caracterización del área de influencia, se realizó la identificación y valoración de los impactos ambientales presentados en el Capítulo 5. Evaluación Ambiental, a través de los cuales se verificó la definición del área de influencia, cuya caracterización se ajustó a los lineamientos establecidos en la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (MADS, 2018), estableciendo posteriormente las diferentes medidas que integran el Plan de Manejo Ambiental - Capitulo 7 y el Plan de Seguimiento y Monitoreo - Capitulo 8 propuestos para mitigar, prevenir, controlar y compensar los impactos ambientales que se podrían generar durante el desarrollo del proyecto.

Las metodologías detalladas para la caracterización de cada uno de los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico se describen en el numeral 1.5 (Metodología), del presente capítulo, incluyendo los procedimientos específicos de recolección, procesamiento y análisis de información en cada una de las fases de desarrollo.

1.1.4 Contenido del Estudio de Impacto Ambiental

Conforme a lo mencionado, el Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare presenta de forma general la estructura del documento considerando los lineamientos expuestos en

los Términos de Referencia para Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Explotación de Hidrocarburos HI-TER 1-03, acogidos mediante la Resolución N° 1543 del 06 de agosto de 2010 y la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, acogida por la Resolución N° 1402 del 25 de julio de 2018 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo (MADS). En la **Tabla 1-2** se presenta una descripción general del contenido de cada uno de los capítulos que conforman el estudio.

Tabla 1-2 Contenido del Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare

DOCUMENTOS WORD Y PDF		
SECCIÓN	**IDENTIFICACIÓN**	**DESCRIPCIÓN**
Documento Independiente	Resumen Ejecutivo	En este capítulo se presenta una síntesis general del Estudio de Impacto Ambiental en el cual se indican las características técnicas y ambientales del proyecto, los requerimientos en cuanto al aprovechamiento de los recursos naturales, la identificación y caracterización de los impactos ambientales y socioeconómicos que se pueden llegar a generar durante la ejecución del mismo, el manejo que se le debe dar a cada una de las zonas determinadas según su sensibilidad ambiental, las medidas del plan de manejo y el plan de seguimiento y monitoreo establecidas; así como los planes de contingencia, abandono y restauración final y de inversión del 1%.
Capítulo 1	Generalidades	Se indican los lineamientos generales (tipo de proyecto, localización general, justificación, estructura del estudio), objetivos, antecedentes, alcances y metodología del estudio.
Capítulo 2	Descripción del proyecto	Se incluye la localización y descripción del Área de Licenciamiento Ambiental del Área de Desarrollo Bucare, especificando las particularidades de las diferentes vías de acceso, obras de arte e infraestructura presente actualmente en la zona de estudio. De igual modo, se indican las características técnicas del proyecto (corredores viales, locaciones, líneas de conducción, líneas eléctricas, construcción de planta central, desmantelamiento y restauración), así como los requerimientos en cuanto a maquinaria, equipos, personal, tecnologías, procesos, procedimientos y recursos naturales.
Capítulo 3	Definición y caracterización del área de influencia del proyecto: medio abiótico, biótico, socioeconómico, análisis del paisaje y zonificación ambiental	Se presentan los lineamientos para la identificación y delimitación del área de influencia del proyecto y se presenta la información primaria y secundaria, de carácter cuantitativo y/o cualitativo, que permiten conocer las características ambientales del área de influencia del proyecto previas a su ejecución para los componentes abiótico, biótico y socioeconómico. De igual manera, se realiza un análisis del paisaje y la zonificación ambiental del área de influencia.
Capítulo 4	Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales	Se identifican los recursos naturales que se utilizarán para la ejecución del proyecto y los permisos ambientales asociados que se requieren para el desarrollo del mismo.
Capítulo 5	Evaluación ambiental	Presenta la metodología de identificación y evaluación de los impactos ambientales que se presentan actualmente en la zona y los que se generarían con el desarrollo del proyecto; en este ítem, se incluyen las matrices de evaluación, las cuales se soportan mediante el respectivo análisis. Igualmente, se realiza una evaluación económica para comprobar si el beneficio económico total de desarrollar el proyecto excede sus costos, generando un beneficio neto para la sociedad.
Capítulo 6	Zonificación de manejo ambiental del proyecto	El presente capítulo de Zonificación de Manejo Ambiental es el instrumento primordial para el análisis y determinación del manejo que se aplicará para viabilizar las diferentes actividades a ejecutar durante el desarrollo del proyecto. Presenta los resultados obtenidos en la zonificación ambiental del área del proyecto que se determinaron de acuerdo con la caracterización física, biótica y socioeconómica (Capítulo 3) y el análisis de cada una de las unidades de manejo.
Capítulo 7	Plan de Manejo Ambiental (PMA)	Constituye el conjunto de programas destinados a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos que se podrían generar sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico-cultural, por cada una de las actividades inherentes al Área de Desarrollo Bucare. Estos programas formulados se muestran por medio de fichas.
Capítulo 8	Programa de seguimiento y monitoreo del proyecto	Se especifican las pautas a seguir para comprobar el cumplimiento del PMA, generado para cada uno de los medios; este programa se presenta también por medio de fichas.

DOCUMENTOS WORD Y PDF		
SECCIÓN	**IDENTIFICACIÓN**	**DESCRIPCIÓN**
Capítulo 9	Plan de contingencia	El presente capitulo contiene el Plan de Gestión de Riesgo, que a su vez responde a lo estipulado en los términos de referencia para Proyectos de Explotación de Hidrocarburos HI-TER-1-03, emitidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el presente Plan de Gestión del Riesgo también tiene en cuenta los lineamientos establecidos en el Decreto 2157 de 2017, por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012 y el Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002, por medio del cual se reglamentó el manejo y transporte automotor de mercancías peligrosas por carretera. Al igual que la resolución 1209 de junio de 2018, por medio de la cual se adoptan los términos de referencia únicos para la elaboración de los planes de contingencia para el transporte de hidrocarburos, derivados o sustancias nocivas.
Capítulo 10	Plan de abandono y restauración final	Se presenta como se llevarán a cabo las actividades de desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por el desarrollo del proyecto.
Capítulo 11	Plan de Inversión del 1%	Presenta la propuesta de las actividades del Plan de Inversión de no menos del 1% correspondiente al Área de Desarrollo Bucare , en el marco de lo dispuesto en el Artículo 43 del Ley 99 de 1993, reglamentado por el Decreto 2099 del 22 de diciembre de 2016, compilado en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible – Decreto 1076 de 2015 – y sus respectivas modificaciones (Decreto 075 de 2017 y Decreto 1120 de 2017) como parte de las obligaciones asociadas al uso y aprovechamiento del recurso hídrico para la ejecución de las actividades del proyecto de desarrollo.
Capítulo 12	Plan de Compensación	Propone las acciones para la compensación acordes a lo establecido por el Manual de Compensación para el Medio Biótico, en el marco del Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare, mediante la aplicación de los lineamientos establecidos en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico actualizado mediante Resolución 0256 del 22 de febrero de 2018.

Fuente: SGI S.A.S., 2025

1.1.5 Estrategias de desarrollo para el Área de Desarrollo Bucare

En general, para el desarrollo del proyecto se tiene proyectado adelantar actividades que se encuentran agrupadas en cinco (5) estrategias generales que cobijan veintiún (21) estrategias específicas presentes de inicio a fin del proyecto.

Tabla 1-3 Estrategias de desarrollo general y específicas para el proyecto Área de Desarrollo Bucare

ESTRATEGIAS DEFINIDAS EN LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA HI-TER-1-03		ESTRATEGIAS DE DESARROLLO DEFINIDAS EN EL EIA ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
ID	**Estrategia de Desarrollo Generales**	**Estructura del documento (Numeral 2.2.2) para la presentación de las Estrategia de Desarrollo**	**ED**
1	**Vías de acceso al área y Locaciones**	**2.2.2.1. Vías de acceso al área y Locaciones**	
		2.2.2.1.1. Mejoramiento y/o Rehabilitación de vías existentes	**ED1**
		2.2.2.1.2. Construcción de nuevas vías	**ED2**
		2.2.2.1.3. Construcción de Locaciones y Facilidades de producción	**ED3**
2	**Perforación de pozos**	**2.2.2.2. Perforación de pozos**	
		2.2.2.2.1. Perforación de pozos exploratorios y/o NFE	**ED4**
		2.2.2.2.2. Perforación de pozos Productores	**ED5**
		2.2.2.2.3. Perforación de pozos Inyectores	**ED6**
		2.2.2.2.4. Perforación de pozos Disposal	**ED7**

ESTRATEGIAS DEFINIDAS EN LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA HI-TER-1-03		ESTRATEGIAS DE DESARROLLO DEFINIDAS EN EL EIA ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
ID	**Estrategia de Desarrollo Generales**	**Estructura del documento (Numeral 2.2.2) para la presentación de las Estrategia de Desarrollo**	**ED**
3	**Trabajo en pozo**	**2.2.2.3. Trabajo en pozo**	
		2.2.2.3.1. Reacondicionamiento de pozos, Workover y sistema de levantamiento	**ED8**
4	**Líneas de flujo**	**2.2.2.4. Líneas de flujo**	
		2.2.2.4.1. Construcción y operación de líneas de flujo	**ED9**
5	**Facilidades de producción**	**2.2.2.5.1 Facilidades de producción**	
		2.2.2.5.1.1 Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-	**ED10**
		2.2.2.5.1.2 Construcción y operación de facilidades Satélite	**ED11**
		2.2.2.5.1.3 Inyección de Fluidos (Agua y gas) Para Recobro, sostenimiento de Presión y/o Disposal	**ED12**
		2.2.2.5.1.4. Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-	**ED13**
		2.2.2.5.1.5 Construcción y operación de áreas para el tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de acopio para disposición final	**ED14**
		2.2.2.5.1.6 Construcción y operación de áreas de apoyo	**ED15**
		2.2.2.5.2 Generación y operación de sistemas de energía eléctrica	
		2.2.2.5.2.1 Instalación y operación de líneas eléctricas	**ED16**
		2.2.2.5.2.2. Instalación y operación autogeneración de energía, Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE	**ED17**
		2.2.2.5.2.3 Construcción y operación de parques Fotovoltaicos	**ED18**
		2.2.2.5.2.4 Generación de energía por medio de aprovechamiento de calor	**ED19**
		2.2.2.5.3 Optimización de procesos	
		2.2.2.5.3.1. Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados.	**ED20**
		2.2.2.5.3.2. Entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o con terceros autorizados.	**ED21**

Fuente: SGI S.A.S., 2025

1.2 OBJETIVOS

El presente estudio se elaboró acogiendo los términos de referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Explotación de Hidrocarburos HI-TER 1-03 (Resolución ANLA N° 1544 del 06 de agosto de 2010) y siguiendo la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, acogida por la Resolución 1402 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Teniendo en cuenta lo anterior, el principal objetivo del presente Estudio de Impacto Ambiental es que sirva como instrumento básico que contemple buenas prácticas ambientales para la toma de decisiones de proyectos, obras y actividades.

1.2.1 Objetivos del proyecto

1.2.1.1 Objetico general del proyecto

Identificar las áreas que ofrezcan viabilidad ambiental para el desarrollo y ejecución de las actividades para la etapa de producción en el Área de Desarrollo Bucare, por parte de Ecopetrol S.A, ubicado en jurisdicción del municipio de Acacias, departamento del Meta. A partir de la realización y presentación del Estudio de Impacto Ambiental ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA y posterior obtención de la Licencia Ambiental para el desarrollo del proyecto.

1.2.1.2 Objetivos específicos del proyecto

- ✓ Describir las estrategias de desarrollo proyectadas para el desarrollo del Área de Desarrollo Bucare, determinando así la viabilidad ambiental de las actividades a desarrollar.
- ✓ Definir y delimitar el área de influencia del Área de Desarrollo Bucare, a partir de la recopilación de información primaria y secundaria, considerando criterios técnicos y ambientales conforme con la posible extensión de los potenciales impactos del proyecto sobre los componentes biótico, biótico y socioeconómico, para el Área de Desarrollo Bucare.
- ✓ Caracterizar e identificar las condiciones actuales del Área de Desarrollo Bucare, en sus componentes: físico, biótico y socioeconómico, con el propósito de establecer la línea base y el estado de referencia antes del desarrollo del proyecto.
- ✓ Estimar y solicitar la demanda de recursos naturales renovables a requerir por el proyecto en sus etapas de construcción y operación, en el marco de la oferta ambiental, garantizando la sostenibilidad del mismo en un equilibrio dinámico proyecto - medio ambiente.
- ✓ Identificar a los actores sociales que se encuentran en el área de influencia directa socioeconómica, incluyendo todos los grupos que puedan ser afectados por el desarrollo del proyecto y teniendo en cuenta los programas y proyectos que se estén desarrollando en la zona (públicos y privados) de carácter ambiental, social, económico, cultural y de infraestructura, con el fin de articular el proyecto de manera armónica con estas actividades.
- ✓ Establecer la zonificación ambiental y de manejo ambiental del proyecto, determinando la sensibilidad ambiental del área y sus restricciones, con el fin de identificar zonas aptas para la ubicación de las obras contempladas por el proyecto.
- ✓ Identificar la sensibilidad socio ambiental del área de influencia y los posibles impactos ambientales que puedan ser generados sobre el entorno con el desarrollo de las actividades asociadas al desarrollo del Área de Desarrollo Bucare, formulando las respectivas acciones de manejo, seguimiento y monitoreo de las actividades a ejecutar.
- ✓ Establecer y diseñar los planes y programas y acciones de manejo ambiental, social y de contingencia, como instrumentos de gestión para el desarrollo del Área de Desarrollo Bucare, con el propósito de prevenir, controlar, mitigar y/o compensar los posibles impactos y riesgos ambientales que puede generar el proyecto.
- ✓ Establecer el plan de inversión del 1% de acuerdo con las actividades contempladas en los planes de ordenación de las cuencas, en las que se captará agua para el proyecto, previo acuerdo con la corporación de la zona.
- ✓ Identificar los beneficios y costos socioambientales que genera la ejecución del proyecto.
- ✓ Identificar y valorar los riesgos y amenazas asociados al desarrollo del proyecto, para establecer el plan de acción que ayude a prevenir y controlar la ocurrencia de impactos ambientales.
- ✓ Relacionar las actividades y obras requeridas para el abandono, desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas.

1.3 ANTECENDENTES

El Área de Desarrollo Bucare tiene como objetivo la exploración y producción de hidrocarburos en el marco de la ANH en donde se otorgó a Ecopetrol S.A, el contrato de Exploración y Producción de Hidrocarburos E&P CPO-9 con un área de 65.358 Ha, con fecha de firma del año 2009.

1.3.1 Superposición de proyectos

Teniendo en cuenta el artículo 2.2.3.6.4 del decreto 1076 de 2015, mediante el cual se establece que: *"La autoridad ambiental podrá otorgar licencia ambiental a proyectos cuyas áreas se superpongan con proyectos licenciados, siempre y cuando el interesado en el proyecto a licenciar demuestre que estos pueden coexistir e identifique, además, el manejo y responsabilidad individual de los impactos ambientales generados en el área superpuesta";*

El análisis completo de la superposición del proyecto con proyectos licenciados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y por CORMACARENA se encuentra desarrollado en el Anexo /1. Anexos Legales/1.8 Superposición de proyecto.

1.3.2 Permiso de Estudios para la Recolección de Especímenes de Especias Silvestres

Para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental activó el Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales de SGI S.A.S. que ampara la manipulación y colecta de organismos necesaria para la obtención de información primaria los componentes de flora, fauna, bajo la Resolución 1580 de 19 de julio de 2023 (**Anexo /1. Cuestiones Legales/1.7 Permiso de colecta**).

1.3.3 Procedencia o no de la consulta previa

En cumplimiento con el artículo 2.2.2.3.6.2. del Decreto 1076 de 2015, se elevó ante el Ministerio del Interior la solicitud de pronunciamiento sobre la procedencia de la consulta previa con comunidades étnicas para el presente proyecto, mediante el radicado 2025-1-002410-085231 (ID 632678) del 17 de octubre de 2025.

En respuesta a lo anterior, la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa emitió la Resolución ST-2115 DE 04 DE DIC 2025 (Ver **Anexo/1. Cuestiones Legales/1.6 Consulta previa**) mediante la cual se resolvió que no procede la consulta previa con comunidades étnicas para este proyecto.

1.3.4 Registro del programa de arqueología

El Área de Desarrollo Bucare se encuentra contenida dentro del Programa de Arqueología Preventiva Proyecto Bloque CPO-9, registrado por Ecopetrol S.A. y aprobado mediante la Resolución ICANH No. 647 del 26 de agosto de 2020.

1.3.5 Presencia de áreas de conservación y protección ambiental

Con el objetivo de identificar los ecosistemas estratégicos, las áreas sensibles y/o áreas protegidas en el área de influencia biótica, se hizo la revisión las áreas protegidas legalmente declaradas de carácter público o privado, áreas de manejo especial, áreas con prioridades de conservación

contempladas por SINAP, áreas con reglamentación especial, y ecosistemas estratégicos y ambientalmente sensibles establecidos a nivel local, regional, nacional e internacional que se encuentran en el Área de Influencia Biótica (AIB) del proyecto.

Para la identificación de los ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas, se consideraron las categorías de ordenación y zonas de uso y manejo en la zonificación ambiental de cuencas hidrográficas definidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

1.3.6 Marco normativo aplicable

En Colombia, los procesos de información y participación ciudadana son fundamentales para garantizar el Estado de Derecho y asegurar la toma de decisiones democráticas y transparentes en materia ambiental. A continuación, se presentan los aspectos normativos fundamentales que determinan la necesidad de efectuar estos procesos en los proyectos que están realizando un proceso de licenciamiento ambiental:

Constitución Política de Colombia: La Constitución de Colombia establece el derecho a un ambiente sano y el deber de protegerlo y conservarlo para las generaciones presentes y futuras. Asimismo, garantiza la participación ciudadana en la toma de decisiones que afecten el medio ambiente y los recursos naturales. Artículo 79.

Ley 99 de 1993: Establece el marco general para la gestión ambiental en Colombia y regula los procesos de licenciamiento ambiental. En ella se establece la obligación de informar y consultar a las comunidades y autoridades locales sobre los proyectos que puedan afectar el medio ambiente. Artículos 2, 3, 4 y 34.

Decreto 2820 de 2010: Este decreto reglamenta la participación ciudadana en los procesos de licenciamiento ambiental y establece los procedimientos y plazos para la realización de las consultas previas, audiencias públicas y demás mecanismos de participación ciudadana en estos procesos. Artículos 3, 4, 5 y 6.

Sentencias de la Corte Constitucional: La Corte Constitucional de Colombia ha emitido varias sentencias que han reafirmado la importancia de la participación ciudadana en los procesos de licenciamiento ambiental y han establecido criterios para garantizar su efectividad. Entre otras, pueden consultarse las sentencias T-129 de 2011, T-445 de 2016, T-445 de 2019 y C-035 de 2016.

Es importante mencionar que la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), establece lineamientos y directrices para que los proyectos de hidrocarburos efectúen los procesos de información ambiental durante la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), para este proyecto, refiere los términos de referencia HI-TER-1-03 del 2010; y la Guía Metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental de proyectos de hidrocarburos Resolución 1402 de 25 de julio de 2018 (MADS) .

En resumen, los aspectos normativos fundamentales que determinan la necesidad de efectuar los procesos de información y participación ciudadana en los proyectos que están realizando una fase de licenciamiento ambiental en Colombia son la Constitución Política, la Ley 99 de 1993, el Decreto 2820 de 2010 y las sentencias de la Corte Constitucional; términos de referencia, guías metodológicas de la ANLA Estas normas establecen la obligación de informar y consultar a las comunidades y autoridades locales, así como los procedimientos y plazos para la realización de los mecanismos de participación ciudadana.

Proceso de Consulta Previa: El Decreto 1320 de 13 de julio de 1.998, el cual reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras para la explotación de los recursos naturales dentro de su territorio. Este proceso debe basarse en el cumplimiento de los Principios Constitucionales y

en la normatividad legal vigente sobre los lineamientos de participación social en los estudios ambientales

Normas que reglamentan los Mecanismos de Participación Ciudadana

Constitución Política de Colombia: Art 23. Derecho de petición por medio del cual toda persona puede solicitar respuesta a las autoridades por motivos de interés general o particular y obtener pronta resolución. Art 86. Acción de tutela por medio de la cual se hace reclamación de los derechos constitucionales fundamentales cuando éstos resulten vulnerados o amenazados. Art 87. Toda persona podrá acudir ante la autoridad judicial para hacer efectivo el cumplimiento de una ley o un acto administrativo. En caso de prosperar la acción, la sentencia ordenará a la autoridad renuente el cumplimiento del deber omitido.

Ley 134 de 1994. Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana.

Ley 99 de 1993: Art 71. Solicitud de información respecto a la expedición, modificación o cancelación de una licencia o permiso que pueda afectar al medio ambiente y que sea requerida legalmente. Art 72. Audiencias públicas ambientales en las cuales podrán participar las comunidades para conocer e intercambiar criterios sobre la conveniencia de una obra o actividad que pueda causar impacto al medio ambiente o a los recursos naturales renovables, y para la cual se exija permiso o licencia ambiental conforme a la ley o a los reglamentos. Art 74. Solicitud de información relacionada con los elementos susceptibles de producir contaminación y los peligros que el uso de dichos elementos pueda ocasionar a la salud humana.

Acuerdo de Escazú: *Reafirmando el **Principio 10** de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992, que establece lo siguiente: "el mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones"1; el Acuerdo de Escazú tiene como objetivo garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible. El Acuerdo representa el compromiso de América Latina y el Caribe con un desarrollo más igualitario, más justo y sostenible 2.* **Artículo 5** *de Escazú, el Estado deberá garantizar el derecho al público de acceder a la información ambiental que están en su poder, bajo su control o custodia, de acuerdo con el principio de máxima publicidad. Señala que el derecho de acceso a la información debe recibirse de las autoridades competentes sin necesidad de mencionar interés especial ni justificar las razones por las cuales se solicita.* **Artículo 6** *de Escazú, se habla de la generación y divulgación de información ambiental, que debe realizarse de acuerdo con los recursos disponibles de las autoridades competentes. Se deben fortalecer los procesos de generación, recopilación, puesta en disposición al público y difusión de información ambiental relevante para sus funciones de manera sistemática, proactiva, oportuna, regular, accesible y comprensible.*

1 Coordinadora de las Organizaciones de la cuenca Amazónica. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe. Perú 2019.
2 CEPAL. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, Adoptado en Escazú (Costa Rica), el 4 de marzo de 2018, Apertura a la firma en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York, el 27 de septiembre de 2018. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43595/S2200798_es.pdf

Tabla 1-4 Marco normativo aplicable

NORMA	FECHA	ENTIDAD	REGLAMENTA
EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS			
Decreto – Ley 1056	20/04/53	Presidencia de la Republica	Por el cual se expide el código de petróleos
Resolución 1506	29/08/08	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se señalan los criterios para delimitar los campos de producción de hidrocarburos existentes, para efectos de la aplicación de los instrumentos ambientales, se modifican las Resoluciones 1137 de 1996 y 482 de 2003 y se adoptan otras disposiciones.
Ley 1274	5/01/09	Autoridad Nacional de Licencia Ambientales	Por la cual se establece el procedimiento de avalúo para las servidumbres petroleras
Resolución 181495	02/09/09	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se establecen medidas en materia de Exploración y Explotación de Hidrocarburos.
FAUNA Y FLORA			
Decreto 2278	1/09/53	Presidencia la Republica	Por el cual se dictan medidas sobre cuestiones forestales.
Decreto 622	16/03/77	Presidencia la Republica	Por el cual se reglamentan parcialmente el capítulo V, título II, parte XIII, libro II del Decreto- Ley número 2811 de 1974 sobre «sistema de parques nacionales»; la Ley 23 de 1973 y la Ley 2a de 1959.
Resolución 213	01/02/1977	INDERENA	Por la cual se establece veda para algunas especies y productos de la flora silvestre (Musgos, líquenes, lamas, parásitas, quichés y orquídeas, así como lama capote y broza y demás especies y productos herbáceos o leñosos como arbolitos, cortezas y ramajes que constituyen parte de los hábitats de tales especies).
Resolución 0801	31/07/1977	INDERENA	Por la cual se establece veda para algunas especies y productos de la flora silvestre (Helecho macho, Palma Boba o Palma de Helecho (familias; Cyatheaceae y Dicksoniaceae; géneros *Dicksonia, Cnemidariam, Cyatheaceae, Nephelea, Sphaeropteris y Trichipteris*).
Decreto 1608	31/07/78	Presidencia la Republica	"Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre."
Decreto 1681	1978	Presidencia de la República	Dicta disposiciones relacionadas con el manejo del recurso hidrobiológico.
Ley 165	9/11/94	Congreso de la Republica	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992.
Decreto 1791	4/10/96	Ministerio de Ambiente.	Por medio de la cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.
Decreto 309	2000	Presidencia de la República	Establece disposiciones en materia de manejo de fauna silvestre.
Resolución 438	23/05/01	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se establece el salvoconducto Único Nacional para la movilización de especímenes de la diversidad biológica.
Resolución 584	26/06/02	Ministerio del Ambiente	Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 383	2010	MAVDT	Establece las especies de fauna y flora amenazadas de extinción en el país.
CONPES 3860	2010	Departamento Nacional de Planeación	Lineamientos para la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas
Decreto 3016	27/12/13	Presidencia de la Republica	"Por el cual se reglamenta el Permiso de Estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales"
Resolución 1543	06/10/10	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de explotación de hidrocarburos y se toman otras determinaciones
Decreto 1076	26/05/15	Presidencia de la República	Permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de

NORMA	FECHA	ENTIDAD	REGLAMENTA
			elaboración de estudios ambientales. Libro 2, Parte 2, Título 2, Capítulo 9, Sección 2, Artículos 2.2.2.9.2.1 a 2.2.2.9.2.14. Permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica. Libro 2, Parte 2, Título 2, Capítulo 8, Artículos 2.2.2.8.1.1 a 2.2.2.8.6.9.
Ley 1774	6/01/16	Congreso de la República	Por medio de la cual se modifican el Código Civil, la Ley 84 de 1989, el Código Penal, el Código de Procedimiento Penal y se dictan otras disposiciones. Ley contra el maltrato animal.
Resolución 0126	06/02/2024	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1390	02/08/18	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adiciona un Capítulo al Título 9, de la Parte 2, del Libro 2, del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Tasa Compensatoria por Aprovechamiento Forestal Maderable en bosques naturales y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0256	22/02/18	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adopta la actualización del Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico y se toman otras determinaciones.
Decreto 2106	22/11/2019	Presidencia de la República	Por el cual se dictan normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública. Titulo 1. Disposiciones generales, Capítulo IX. Ambiente y Desarrollo Sostenible. Artículo 125. Requisitos únicos del permiso o licencia ambiental.
PAISAJE			
Decreto 1715	07/08/1978	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto – Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto – Ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje.
ÁREAS ESPECIALES			
Decreto 622	1977	Ministerio de Agricultura	Por medio del cual se reglamenta Capítulo V del Decreto- Ley 2811 sobre “Sistema de Parques Nacionales”
Decreto 2811	1974	Ministerio de Agricultura	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto 1449	1977	Ministerio de Agricultura	
Decreto 1076	26/05/15	Presidencia de la República	DECRETO ÚNICO REGLAMENTARIO DEL SECTOR AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE Sistema nacional de áreas protegidas. Libro 2, Parte 2, Título 2 Gestión ambiental, Capítulo 1. Áreas de Manejo Especial, Artículos 2.2.2.1.1.1 a 2.2.2.1.17.18
Decreto 1729	2002	MAVDT	Por medio del cual se reglamenta la parte XIII, Título 2, capítulo III de Decreto-Ley 2811 sobre “Cuencas hidrográficas.
Resolución 0097	24/01/17	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se crea el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales - REAA y se adoptan otras disposiciones.
Decreto 2245	29/12/17	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas
OCUPACIÓN DE CAUCES			
Decreto 1541	26/07/78	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta la Parte III del libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.
Resolución 0421	20/03/14	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos.

NORMA	FECHA	ENTIDAD	REGLAMENTA
Decreto 1076	26/05/15	Presidencia de la República	Conservación de recursos naturales en predios rurales (Libro 2, Parte 2, Título 2, Capítulo 1, Sección 18, Artículos 2.2.1.1.18.1. a 2.2.1.1.18.7.). Ocupación de playas, cauces y lechos (Libro 2, Parte 2, Título 3, Capítulo 2, Sección 1 a 12, Artículos 2.2.3.2.1.1. y subsiguientes).
Resolución 0957	31/05/2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adopta la guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones.
VERTIMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS			
Decreto 1594	26/06/84	Ministerio de Agricultura	Usos del agua y residuos líquidos
Decreto 901	01/04/97	Ministerio del Medio Ambiente	Reglamentación de las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales.
Resolución 273	1/04/97	MAVDT	Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).
Resolución 372	6/05/98	MAVDT	“Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones”.
Resolución 081	22/01/01	Ministerio del Medio Ambiente	Adopta un formulario de información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos y se adoptan otras determinaciones
Decreto 3100	30/10/03	MAVDT	"Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones"
Decreto 3440	21/10/04	MAVDT	“Por medio del cual se modifica el Decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones”
Resolución 1433	27/12/04	MAVDT	Se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV
Resolución 2145	23/12/05	MAVDT	Modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos en su artículo 4.
Decreto 3930	25/10/10	MAVDT	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Ley 1450	16/06/11	Congreso de Colombia	Artículo 211, modificando lo relacionado con la destinación de los recaudos por concepto de la tasa
Resolución 1514	1/08/12	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos.
Resolución 0631	18/04/15	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Decreto 050	16/01/18	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuencas (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones
Resolución 0959	31/05/18	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio de la cual se reglamenta parcialmente el artículo 2.2.3.3.1.7 del Decreto 1076 de 2015 y se dictan otras disposiciones.
CONCESIÓN DE AGUAS			
Decreto - Ley 2811	18/12/74	Ministerio de Agricultura	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

NORMA	FECHA	ENTIDAD	REGLAMENTA
Decreto 1541	28/07/78	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: *"De las aguas no marítimas"* y parcialmente la Ley 23 de 1973.
Decreto 1594	26/06/84	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
Ley 373	1997	Presidencia de la República	Con el objeto de proteger el recurso hídrico y garantizar su uso racional, impone obligaciones a quienes administran el recurso y a quienes lo usan.
Decreto 155	22/01/04	MAVDT	Por el cual se reglamenta el artículo 43, de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de agua y se adoptan otras disposiciones".
Resolución 0240	08/03/04	MAVDT	Por la cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas.
Decreto 1575	09/05/07	Ministerio de Protección Social	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
Resolución 2115 de 2007	22/06/07	Ministerio de Protección Social y Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo Territorial	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (Reglamentaria del Decreto 1575 de 2007)
Decreto 1076	26/05/15	Presidencia de la República	DECRETO ÚNICO REGLAMENTARIO DEL SECTOR AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Procedimiento para otorgar concesiones. Libro 2, Parte 2, Título 3, Capítulo 2, Sección 9, Artículo 2.2.3.2.9.1. Y Sección 16 Artículo 2.2.3.2.16.2 a 2.2.3.2.16.12. Criterios de calidad para el uso y destinación del recurso hídrico. Libro 2, Parte 2, Título 3, Capítulo 3, Sección 9, Artículos 2.2.3.3.9.3 a 2.2.3.3.9.10. Inversión Forzosa por utilización de agua tomada de fuentes naturales. Libro 2, Parte 2, Título 9, Capítulo 3, Sección 1, Artículos 2.2.9.3.1.1 a 2.2.9.3.1.17. Tasa por utilización de aguas. Libro 2, Parte 2, Título 9, Capítulo 6, Sección 1, Artículo 2.2.9.6.1.1. a 2.2.9.6.1.22. Instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. Libro 2, Parte 2, Título 3, Capítulo 1, Sección 1 a 13, Artículos 2.2.3.1.1.1 a 2.2.3.1.13.1.
Resolución 1257	10/07/18	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se desarrollan los parágrafos 1 y 2 del artículo 2.2.3.2.1.1.3 del decreto 1090 del 2018, mediante el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015
Decreto 1090	28/06/18	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones
RESIDUOS SÓLIDOS			
Decreto-Ley 2811	18/12/74	Presidencia de la República	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto 2462	26/10/89	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta parcialmente el Código de Minas y el Decreto 507 de 1955 incorporado a la Legislación Ordinaria para la Ley 141 de 1961. Regulación para materiales de construcción.
Resolución 541	14/12/94	Ministerio del Medio Ambiente	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
Ley 1259	19/12/08	Congreso de la República	Comparendo ambiental a los infractores de normas de aseo, limpieza y recolección de escombros.
Decreto 1076	26/05/15	Presidencia de la República	Reglamenta la Ley 1259 de 2008 y establece el formato, presentación y contenido del comparendo ambiental de que trata la Ley. Del artículo 2.2.5.14.1.1. al 2.2.5.14.1.9. Materiales

NORMA	FECHA	ENTIDAD	REGLAMENTA
			de desecho en zonas públicas. Libro 2, Parte 2, Título 5, Capítulo 1, Sección 3, Artículo 2.2.5.1.3.6.
Decreto 1077	26/05/15	Presidencia de la República	Servicio público de aseo. Título 2, Parte 3, Libro 2.
Resolución 0472	28/08/17	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición RCD y se dictan otras disposiciones.
Decreto 284	15/02/18	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE y se dictan otras disposiciones.
Resolución 2184	26/12/2019	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.
RESIDUOS ESPECIALES			
Resolución 02309	24/02/86	Ministerio de Salud	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la Parte 4a. del Libro 1º del Decreto-Ley N. 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.
Resolución 189	15/07/94	MA	Por el cual se dictan regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos
Ley 430	16/01/98	Presidencia de la República	Se establecen normas prohibitivas en materia ambiental, referente a los desechos peligrosos.
Decreto 4741	30/12/05	MAVDT	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
Resolución 1402	17/07/06	(MAVDT)	Por la cual se desarrolla parcialmente el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos.
Resolución 18 0005	5/01/10	Ministerio de Minas y Energías	Por la cual se adopta el Reglamento para la gestión de los desechos radiactivos en Colombia
AIRE Y RUIDO			
Resolución 1792	03/03/90	Ministerio del Trabajo	Por la cual reglamenta las normas de protección y conservación de la audición, de la salud y el bienestar de las personas por causa de la emisión de ruido.
Resolución 1351	14/11/95	Ministerio del Medio Ambiente	Acoge la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones (IE1) como requisito indispensable para el trámite del permiso de emisiones atmosféricas.
Resolución 619	07/07/97	Ministerio del Medio Ambiente	Establece parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica.
Decreto 1697	27/06/97	Ministerio del Medio Ambiente	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
Decreto 979	03/04/06	MAVDT	Por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995 (prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire).
Resolución 627	07/04/06	MAVDT	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
Resolución 909	05/06/08	MAVDT	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
Resolución 650	29/03/10	MAVDT	Por la cual se adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.
Resolución 651	29/03/10	MAVDT	Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE.
Decreto 1079	26/05/15	Presidencia de la República	Transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. Artículos 2.2.1.7.8.1 a 2.2.1.7.8.7.2.
Decreto 1076	26/05/15	Presidencia de la República	Residuos Peligrosos. Libro 2, Parte 2, Título 6, Capítulo 1, Sección 1, Artículos 2.2.6.1.1.1 a 2.2.6.2.3.6.

NORMA	FECHA	ENTIDAD	REGLAMENTA
Resolución 2254	01/11/2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.
MEDIO SOCIOECONÓMICO			
Constitución política	1991 articulo 40 Numeral 6	Asamblea Nacional Constituyente	En la que se habilitan acciones públicas, acción de inconstitucionalidad y de nulidad ante la jurisdicción contenciosa, como mecanismos y herramientas protectores del medio ambiente.
Decreto 2591	19/11/91	Presidencia de la Republica	Por el cual se reglamenta la acción de tutela consagrada en el artículo 86 de la Constitución Política.
Ley 99	22/12/93	Congreso de la República	"Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA-y se dictan otras disposiciones" (Arts. 69 y siguientes)
Ley 134	31/05/94	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana.
Ley 393	29/07/97	Congreso de Colombia	Por la cual se desarrolla el artículo 87 de la Constitución Política.
Ley 472	05/08/98	Congreso de Colombia	Por la cual se desarrolla el artículo 88 de la Constitución política de Colombia en relación con el ejercicio de las acciones populares y de grupo se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076	26/05/15	Presidencia de la República	Reglamenta las audiencias públicas ambientales. Artículos del 2.2.2.4.1.1. al 2.2.2.4.1.17. Participación de las comunidades (Libro 2, Parte 2, Título 2, Capítulo 3, Sección 3, Artículo 2.2.2.3.3.3).
ARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO CULTURAL			
Ley 14	06/06/36	Congreso de Colombia	Por la cual se autoriza al Poder Ejecutivo a adherir al Tratado sobre la protección de muebles de valor histórico.
Ley 36	02/08/36	Congreso de Colombia	Por la cual se aprueba el Pacto Roerich para la protección de las Instituciones Artísticas y Científicas y Monumentos Históricos.
Ley 163	30/12/59	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan medidas sobre defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación.
Decreto 1397	27/06/89	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la ley 163 de 1959, sobre la defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación
Constitución Política	1991	Congreso de Colombia	Constitución Política de Colombia (Arts. 63 y 72)
Ley 99	1993	Congreso de Colombia	Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones
Ley 397	07/08/97	Congreso de Colombia	Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias.
Decreto 833	26/04/02	Ministerio de Cultura	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 en materia de Patrimonio Arqueológico Nacional y se dictan otras disposiciones.
Ley 1185	12/03/08	Ministerio de Cultura	Por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 -Ley General de Cultura- y se dictan otras disposiciones
Decreto 763	10/03/09	Ministerio de Cultura	Por el cual se reglamenta parcialmente las leyes 814 de 2003 y 397 de 1997. Modificada por medio de la ley 1185 de 2008. En lo correspondiente al patrimonio cultural de la nación de naturaleza material.
Decreto 1080	26/05/15	Presidencia de la República	Sistema Nacional Patrimonio Cultural de la Nación. Parte III, Título I, Artículos 2.3.1.1 y ss. Patrimonio Arqueológico. Parte VI, Título 1, Artículo 2.6.1.1 y ss.

NORMA	FECHA	ENTIDAD	REGLAMENTA
			Patrimonio Cultural Material. Parte IV, Título I, Artículo 2.4.1.10. Bienes Inmuebles de Interés Cultural; Artículo 2.4.1.11. Objetos de valor artístico e histórico; Artículo 2.4.1.13 Declaratoria de sectores antiguos.
Decreto 1530	29/09/16	Presidencia de la República	Por el cual se modifica el numeral segundo y los parágrafos 1 y 2 del artículo 2.6.2.2 y los artículos 2.7.1.2.2 y 2. 7.1.2.3 del Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura 1080 de 2015, en temas relacionados con el Patrimonio Arqueológico y el Patrimonio Cultural Sumergido.
Decreto 2106	22/11/2019	Presidencia de la República	Por el cual se dictan normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública. Título 1. Disposiciones generales, Capítulo XII. Cultura. Artículo 131. Programa de Arqueología Preventiva.
OTROS			
Decreto 919	01/05/89	Presidencia de la república	Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres – Ley 99 de 1993. Creación del Ministerio del Medio Ambiente. Organización del Sistema Nacional Ambiental (SINA). Artículo 8.
Ley 99 Títulos X y IX	22/12/93	Presidencia de la República	Entre otras se dictan disposiciones acerca de los modos de participación de la comunidad a lo largo de los procesos de licenciamiento y operación de los proyectos de desarrollo.
Decreto 321	17/02/1999	Presidencia de la República	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencias contra derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.
Resolución 1552	20/10/05	MAVDT	Por el cual se adoptan los manuales para la evaluación de los Estudios Ambientales y de seguimiento ambiental de proyectos y se toman otras determinaciones.
Decreto 1900	25/09/06	MAVDT	Por el cual se reglamenta el parágrafo del artículo 43 (el propietario del proyecto deberá invertir este 1% en las obras y acciones de recuperación, preservación y conservación de la cuenca que se determinen en la licencia ambiental del proyecto), de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.
Resolución 181495	02/09/09	Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se establecen medidas en materia de Exploración y Explotación de Hidrocarburos.
Ley 1523	24/04/12	Congreso de Colombia	Por la cual se adopta la política de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076	26/05/15	Presidencia de la República	DECRETO ÚNICO REGLAMENTARIO DEL SECTOR AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE Libro 2, Parte 2, Títulos 3 Capitulo 1. Instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. Sección 9 Artículos 2.2.3.3.9.1 a 2.2.3.3.9.11.
Decreto 2157	20/12/17	Presidencia de la república	Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012
Resolución 1209	29/06/18	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan los Términos de Referencia Únicos para la elaboración de los planes de contingencia para el transporte e hidrocarburos, derivados o sustancias nocivas de que trata el artículo 2.2.3.3.4.14 del Decreto 1076 de 2015 y se toman otras determinaciones.
CARTOGRAFÍA			
Resolución 1503	04/08/10	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones
Resolución 2182	23/12/16	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	Por la cual se modifica y consolida el modelo de almacenamiento geográfico contenido en la metodología general para la presentación de estudios ambientales y el manual de seguimiento ambiental de proyectos

Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.4 ALCANCES

El Estudio de Impacto Ambiental del Área de Desarrollo Bucare, fue elaborado bajo los requerimientos establecidos en los términos de referencia del sector hidrocarburos HI-TER-1-03 de 2010 emitidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, así como las directrices indicadas en la "Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales -2018" mediante la Resolución 1402 del 2018 y las indicaciones señaladas en la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 con referencia al Modelo de Almacenamiento Geográfico y teniendo en cuenta las coordenadas del estudio en Origen Único Nacional.

- El Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare está basado en optimizar y racionalizar el uso de los recursos naturales, económicos y culturales, cumpliendo con el marco normativo en relación con el uso, aprovechamiento y afectación de los recursos naturales.

- La identificación, descripción y caracterización de las obras y/o actividades que prevé la futura implementación del proyecto Área de Desarrollo Bucare, en sus diferentes etapas, actividades transversales, adecuación y construcción, operación, montaje y operación y, desmantelamiento y abandono.

- La definición del área de influencia para el proyecto, partiendo de los alcances técnicos y la demanda de uso y/o aprovechamiento de recursos naturales, tomando como referencia lo establecido en la "Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (ANLA, 2018)", en el cual la definición de ambiente adoptada en el marco del licenciamiento ambiental, conlleva a que la delimitación del área de influencia y su caracterización, así como la evaluación ambiental del EIA, deban enfocarse en brindar una visión integral de los componentes, grupos de componentes y los medios afectados en cada una de las fases de desarrollo del proyecto.

- Caracterización del área de influencia del proyecto en los aspectos: abiótico, biótico, sociales y culturales, con el fin de establecer el grado de vulnerabilidad y afectación de los ecosistemas y comunidades presente en el área.

- Contemplar la participación de la comunidad, autoridades locales y municipales del área de influencia mediante procesos de información de los posibles impactos generados por el proyecto y medidas a implementar.

- Presentar una detallada caracterización de los recursos naturales que demandará el proyecto y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes fases del mismo.

- Determinar la zonificación de manejo ambiental con el fin de establecer las áreas susceptibles a intervenir por el proyecto.

- Identificar, dimensionar y evaluar los impactos ambientales que puedan ser producidos durante el desarrollo del proyecto sobre los componentes abiótico, biótico y social, esto con el fin de determinar el grado de afectación de los mismos. Para esta identificación se tendrá en cuenta la participación de las comunidades del área de influencia a través de procesos de socializaciones del proyecto.

- Presentar una estimación del valor económico de los beneficios y costos ambientales que potencialmente generará la ejecución del proyecto.

- Plantear medidas de Manejo Ambiental para las respectivas estrategias de desarrollo del Área de Desarrollo Bucare, que permitan, prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los efectos de las actividades del proyecto sobre el medio ambiente y/o las comunidades.

- Elaborar indicadores de seguimiento y monitoreo que permitan medir el cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental propuesto.

- Establecer el Plan de Gestión del Riesgo, con base en los análisis de riesgo, tanto endógenos como exógenos identificados para el proyecto, con el fin de prevenir emergencias y contingencias, y a su vez contar con una respuesta adecuada a cualquier eventualidad que pudiese presentar.

- Establecer un plan de abandono y restauración de las áreas intervenidas por el proyecto, con el cual se garantice la restitución del equilibrio de los medios abiótico, biótico y social.

- Presentar una propuesta técnico-económica para la inversión del 1%, de conformidad con la normatividad vigente, por el uso del recurso hídrico tomado de fuente natural (superficial y/o subterráneo).

- Proponer un plan para la asignación de compensaciones por afectación del medio biótico según la normatividad ambiental vigente.

- Establecer los mecanismos, espacio y procedimientos que propicien la participación de las comunidades eventualmente afectadas con el proyecto.

Lo anterior se plantea con el propósito de presentar a la Autoridad Ambiental los elementos y herramientas que permitan soportar técnica y socio-ambientalmente, las actividades del proyecto frente a las condiciones del entorno natural y social del área de influencia para el Área de Desarrollo Bucare.

1.4.1 Limitaciones y/o restricciones del EIA

Este numeral incorpora las limitaciones y/o restricciones para el cumplimiento de los términos de referencia, de acuerdo con lo indicado en la Sección 2.2 Alcances, como se indica a continuación:

"**Limitaciones y/o restricciones del EIA:** Cuando por razones técnicas y/o jurídicas no pueda ser incluido algún aspecto específico exigido, esta situación, debe ser informada explícitamente, presentando la respectiva justificación y las posibles alternativas para su abordaje, por lo tanto a continuación, se abordan las limitaciones en varios de los componentes que hacen parte del estudio de impacto ambiental para el Área de Desarrollo Bucare y que por razones técnicas o sociales tuvieron limitaciones:

La limitante para efectuar la caracterización conforme se planteó en la fase pre-campo, obedece a la negativa de ingreso a territorio en algunos predios privados del área de influencia. Tal como se analiza en el componente en el numeral 1.4.1.13 Medio socioeconómico, estos predios pertenecen a unidades territoriales del área de influencia que, al finalizar la fase de campo, no permitieron el desarrollo completo de las actividades programadas.

Ante esta situación, fue necesario recurrir a fuentes de información primaria alternativas, como entrevistas con líderes comunitarios, visitas a predios accesibles y otras actividades complementarias. Sin embargo, la comunidad condicionó su participación en el proceso de recolección de información a inconvenientes presentados con la empresa operadora, manteniendo su decisión de no permitir el ingreso al inmueble ni suministrar información, Ver anexo \7. Anexo Socioeconomico\7.3 Otros\20251020_Excel_CapaPredios_Social_Monitoreos

Los componentes sobre los cuales se tiene limitaciones son:

1.4.1.1 Componente civil

Durante los recorridos de campo, para la identificación de las ocupaciones de cauce establecidas de acuerdo con la información técnica suministrada por ECP y la planeación del proyecto desde las actividades precampo, se tuvo como limitante el ingreso parcial o total a predios por parte de los propietarios, al tener diferencias con el desarrollo de la industria petrolera o por encontrarse en operaciones y movilizaciones de maquinaria y equipos en el sector, el día de la visita. Las ocupaciones con limitantes fueron para las incluidas en la **Tabla 1-5**.

Tabla 1-5 Puntos de Ocupación de cauce sin acceso

OCUPACIÓN DE CAUCE	VEREDA	PREDIO	PROPIESTARIO	COORDENADAS PLANAS MARGA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	NORTE
OC-25	La Loma	La Loma	Miryan (Ing Agropecuario)	4939314,12	1996002,07
OC-40	La Unión	San Antonio	Moisés Pinzón	4934116,68	1993493,26
OC-43	Caño Hondo	La Flor	Marco Antonio Hernández	1993493,26	1995042,21
OC-53	La Unión	Montecarlo	Patricia Gutiérrez	4937640,91	1993384,37
OC-65	La Unión	La Realidad	-	4934855,66	1990805,32
OC-66	La Unión	La Realidad	-	4934833,04	1990666,33
OC-67	La Unión	La Realidad	-	4936021,55	1990997,83
OC-76	Patio Bonito	Australia	Mariano Cárdenas	4940257,38	1992098,57
OC-77	Patio Bonito	Australia	Mariano Cárdenas	4940237,11	1992072,71
OC-78	Patio Bonito	Australia	Mariano Cárdenas	4939984,07	1991754,60
OC-85	Patio Bonito		Pedro	4938466,45	1989106,04

Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.4.1.2 Geología

Durante la labor de campo se presentaron dificultades para acceder a algunos predios dentro del área de estudio, lo que generó vacíos de información, especialmente en el sector oriental, cerca de los límites con la vereda Dinamarca, destacándose el predio El Berlín. Asimismo, se identificó una zona central sin cobertura de información, que incluye los predios San Antonio, El Diamante, La Herencia, La Realidad, Montecarlo, Brasilia, La Esperanza, Inglaterra, Camaguay, La Fortuna, San Francisco, Las Brisas y El Botalón. Esta misma situación se presentó en el predio Las Brisas, ubicado en la vereda Quebraditas, que cubre una porción nororiental del área de estudio. La falta de información en estos sectores se debió, principalmente, a la ausencia de autorización por parte de los propietarios para permitir el ingreso y la recolección de datos.

La información que se requería verificar en estos predios correspondía principalmente a la corroboración en campo de las unidades geológicas previamente cartografiadas, incluyendo afloramientos, características litológicas de las unidades en estas zonas y rasgos superficiales asociados. No obstante, estas limitaciones se solventaron mediante la verificación indirecta en predios aledaños con condiciones geológicas equivalentes, complementada con análisis de continuidad espacial, interpretación geomorfológica y revisión de información secundaria, lo que permitió mantener la coherencia y consistencia del modelo geológico propuesto para el área de influencia.

1.4.1.3 Geomorfología

La caracterización geomorfológica se planeó y se realizó cubriendo el área habilitada según los permisos obtenidos dentro del área de estudio, desde el 27 de marzo hasta el 14 de abril de 2025.

Los predios sin permiso de ingreso no tuvieron planeación de puntos de control, ni recorridos en campo. Dichos sectores sin caracterización en campo se han interpretado extrapolando información en estaciones relativamente próximas y utilizando las herramientas de sistemas de información geográfico disponibles, tales como: DEM, Ortofotografía, cartografía base, etc.

La mayoría del área con dificultades de acceso a predios se encuentra en las veredas Quebraditas y Dinamarca. Sin embargo, otras veredas también tienen algunos sectores de menor extensión en los cuales no fue permitido ingresar, las cuales son: La Unión, Patio Bonito y La Loma. En la vereda Dinamarca se destaca por su imposibilidad de acceso el predio El Cedral, en la vereda Quebraditas el predio Berlín, La Humbria, y La Cruz. En la vereda la Unión los predios Inglaterra y La Reforma.

El territorio situado en la vereda Quebraditas que no pudo ser caracterizado en campo debido a la imposibilidad de ingreso ha sido caracterizado como: planos anegadizos de abanico aluvial, plano de inundación del río Chichimene, posible nivel de terraza uno, plano de inundación de drenajes menores y se tienen polígonos demarcados como humedales por la autoridad ambiental los cuales requieren su respectiva revisión. El territorio situado en la vereda Dinamarca que no pudo ser caracterizado en campo debido a la imposibilidad de ingreso ha sido caracterizado como: posibles planos anegadizos de abanico aluvial, plano de inundación del río Acacías y posible nivel uno de terraza aluvial. El territorio situado en la vereda La Unión que no pudo ser caracterizado en campo debido a la imposibilidad de ingreso ha sido caracterizado como: planos anegadizos, plano de inundación del río la Unión y nivel uno de terraza aluvial.

1.4.1.4 Geotecnia

La caracterización geotécnica y de procesos morfodinámicos se planeó y se realizó cubriendo el área habilitada según los permisos obtenidos dentro del área de estudio, desde el 27 de marzo hasta el 14 de abril de 2025.

En los predios donde no se contó con autorización de acceso no se realizó planeación de puntos de control ni recorridos de campo. La mayor proporción de restricciones de acceso se concentró en las veredas Quebraditas y Dinamarca; no obstante, se identificaron sectores puntuales sin ingreso autorizado en las veredas La Unión, Patio Bonito y La Loma. En la vereda Dinamarca se destaca el predio El Cedral; en la vereda Quebraditas los predios Berlín, La Humbria y La Cruz; y en la vereda La Unión los predios Inglaterra y La Reforma.

Estas restricciones generaron limitaciones principalmente en la verificación directa en campo de geoformas con expresión topográfica marcada, como escarpes asociados a abanicos y terrazas aluviales. No obstante, esta limitación fue subsanada mediante la interpretación geomorfológica y geotécnica apoyada en insumos como modelos digitales de elevación de detalle, ortofotografías y análisis de pendientes, curvatura y ruptura de pendiente, lo cual permitió identificar, delimitar y caracterizar los escarpes con un adecuado nivel de confiabilidad. Esta interpretación se complementó con la extrapolación de observaciones geotécnicas obtenidas en sectores adyacentes con condiciones morfológicas y litológicas equivalentes, asegurando la coherencia espacial y la consistencia técnica de la zonificación de susceptibilidad geotécnica presentada.

1.4.1.5 Hidrogeología

El levantamiento del inventario de puntos de agua subterránea presentó algunas limitaciones durante su ejecución en campo, debido a la imposibilidad de acceder a ciertos predios. En particular, la identificación y caracterización de los puntos de agua subterránea presentes en el área de influencia se realizó únicamente en los predios donde había permiso para ingresar y en los cuales, los propietarios y/o encargados quisieron dar información al respecto. En aquellos predios donde no había permiso para ingresar, no fue posible identificar ni caracterizar los puntos hidrogeológicos allí

ubicados, pese a que estos puntos ya habían sido identificados en estudios anteriores que hacen parte de la información secundaria consultada para el presente componente.

Como consecuencia de las restricciones de acceso a predios, la zona central del área de influencia, que incluye predios como Montecarlo, Brasilia, La Realidad, Inglaterra, El Botalón y El Diamante, ubicados en la vereda La Unión, presenta vacíos de información primaria asociados a la identificación y caracterización directa de puntos de agua subterránea. Esta ausencia de datos no obedece a la inexistencia de estos puntos, sino a la imposibilidad de ingreso durante la campaña de campo del presente estudio. De manera similar, en el sector oriental del área de influencia, donde se localizan los predios El Berlín y Las Islas, los cuales, por su extensión y posición, resultan relevantes para el análisis hidrogeológico, en particular para la definición de las direcciones de flujo de agua subterránea, no fue posible realizar la caracterización directa de los puntos de agua subterránea debido a la falta de autorización de acceso.

No obstante, estas limitaciones fueron parcialmente subsanadas mediante el uso de información secundaria proveniente de visitas de campo y estudios hidrogeológicos realizados en estudios anteriores, las cuales incluyen registros de puntos de agua subterránea, descripciones técnicas y datos hidrogeológicos asociados. Esta información cuenta con evidencia documental y cartográfica, debidamente incorporada en la base de datos geográfica (GDB), en la línea base y en los anexos técnicos del estudio, y fue utilizada como insumo complementario para el análisis hidrogeológico, permitiendo mantener la coherencia del modelo conceptual y reducir la incertidumbre asociada a la falta de información primaria en estos sectores.

De la mano con el inventario de puntos de agua subterránea, la selección de los treinta (30) puntos hidrogeológicos para el monitoreo de la calidad del agua subterránea también se vio limitada por el ingreso a predios.

Otra de las actividades fundamentales para el componente hidrogeológico, en la cual se presentaron limitaciones operativas significativas, fue la ejecución de las pruebas de bombeo. Inicialmente, se había propuesto la realización de cinco (5) pruebas en pozos profundos; sin embargo, durante la campaña de campo se identificaron doce (12) pozos que, además de requerir autorización por parte de los propietarios, necesitaban adecuaciones previas para permitir la instalación de sondas y dataloggers, debido a la presencia de tapas metálicas u otros elementos que impedían el acceso al interior de las estructuras.

Considerando las adecuaciones requeridas, los tiempos de bombeo necesarios para el desarrollo de las pruebas y las restricciones asociadas a la obtención de permisos, únicamente fue posible ejecutar dos (2) pruebas de bombeo en pozos profundos. No obstante, esta limitación fue subsanada mediante la aplicación de técnicas hidrogeológicas complementarias, ejecutándose las pruebas de bombeo restantes en aljibes y desarrollándose, adicionalmente, pruebas tipo *slug* en piezómetros. La combinación de estos ensayos permitió caracterizar de manera adecuada los diferentes niveles acuíferos presentes en el área de influencia, respaldando la interpretación hidrogeológica y reduciendo la incertidumbre asociada a la imposibilidad de realizar la totalidad de las pruebas inicialmente planteadas en pozos profundos.

1.4.1.6 Hidrología

En el componente hidrológico se pudo hacer reconocimiento de cuerpos lénticos y lóticos en aquellos predios donde se contó con permiso, sin embargo, en algunos predios que no existía permiso no fue posible acceder para corroborar la existencia y localización de los cuerpos de agua. En este sentido, el predio de mayor tamaño que no fue posible acceder fue Berlín en la vereda Quebraditas. La trazabilidad y listado de predios sin permiso de acceso se presentan en el numeral.

1.4.1.7 Suelos

En el caso de suelos, se tuvo limitaciones con acceso a predios (Predio de Orlando Torres-Vereda la Loma y Predio Australia-Vereda Patio Bonito), donde no se logró identificar los suelos de los bajos de la terraza aluvial nivel 1 del paisaje de planicie (UCS RVT1B) y los suelos de los bajos de terraza nivel 2 del paisaje de valle (UCS VVT2B), respectivamente; no obstante, para el caso que no estén drenados para el establecimiento de pasturas y cultivos, se relacionaran con los humedales reportados por Cormacarena, y se asumirán como similares a los suelos encontrados en los bajos de la terraza aluvial nivel 3 (UCS VVT3B), del paisaje de valle, donde se diferenciaran por la frecuencia a la inundación, asignándole inundabilidad muy frecuente a los humedales y ocasional a los bajos drenados; otro caso como los mencionados, son los islotes y barras del cauce aluvial del rio Acacias (UCS VVPI), donde no se pudo ingresar, por los altos caudales del rio Acacias; no obstante se evidencio que algunos ellos corresponden a depósitos de cauce, para el caso de las barras, y en otros casos la existencia de suelos en algunos islotes, donde se asumirán como similares a los de la cubeta de desborde del paisaje de valle (UCS VVPCD), teniendo en cuenta que los cauces de los ríos Acacias y Orotoy son muy dinámicos, donde se evidencia en la **Figura 1-2**, a manera de ejemplo que, algunas islas, se formaron recientemente, donde predominaba la cubeta de desborde (Ver numeral 3.2.2.4.3.2 Análisis multitemporal del río Acacías y numeral 3.2.2.4.3.5 Análisis multitemporal del río Orotoy, del Capitulo 3.2.2. Geomorfología), que permiten ejemplificar la evolución de esta forma de terreno, donde en el año 2014, la línea de cauce presentaba un patrón meándrico, con curvas pronunciadas y múltiples canales secundarios dispersos a lo largo del trayecto, con una alta movilidad lateral, con las migraciones activas y un aparejamiento dinámico de canales, que correspondían a Cubeta de desborde, y para 2023, separados por el cauce aluvial, conformaron una isla; además de lo anterior, la unidad cartográfica VVT1T, que corresponde a los suelos del talud de la terraza nivel 1, se asumirá como similar al de la terraza nivel 3 del paisaje de valle, debido a problemas de acceso a los predios, en el momento de desarrollar el trabajo de campo.



Fotografía 1-1 Barra del rio Acacias-depósitos de cauce
Coordenadas planas magna sirgas origen nacional
Este: 4938391,72 Norte: 1993486,19
Fuente: SGI S.A.S, 2025

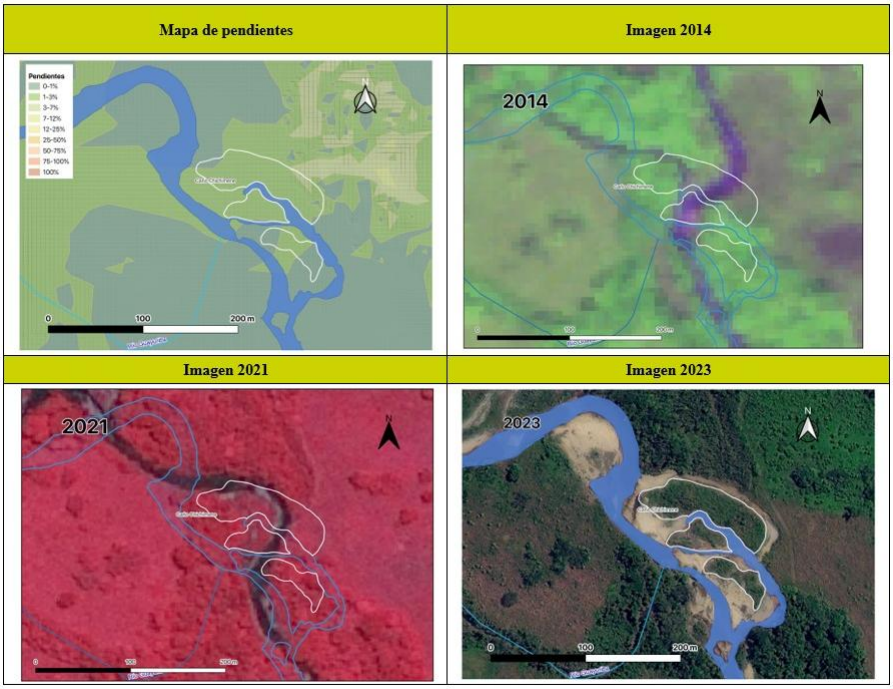
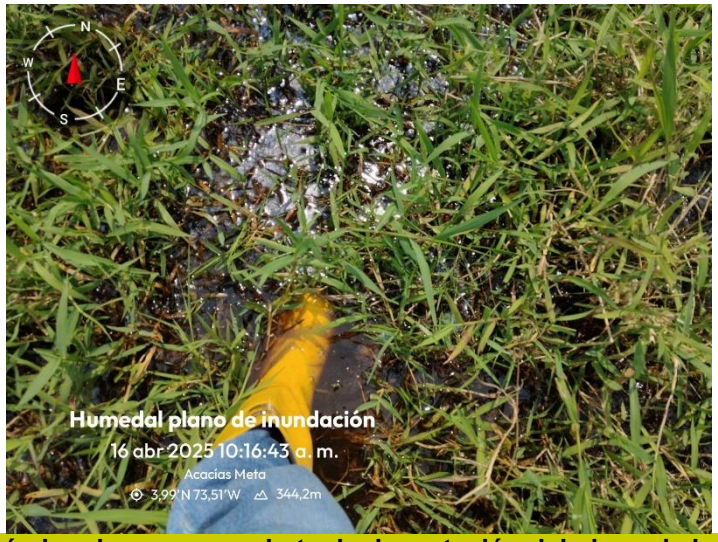


Figura 1-2 Dinámica del rio Acacias
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Adicional a lo anterior, debido a la lámina de agua que presentó (cerca de 15 cm de espesor-**Fotografía 1-2**) la cubeta de decantación del plano de inundación del rio Guayuriba (UCS RVPCDD), dificultó la identificación de los suelos, donde se asumirá el suelo de la napa de desborde del mismo plano de inundación, donde se diferenciara por la frecuencia de inundación, de tal manera que, para el caso de la napa de desborde, se considerara como frecuente y para el caso de la cubeta de decantación como muy frecuente.

Lo criterios expuestos se utilizaron, teniendo en cuenta los principios de precaución, debido a que estos suelos, como se mostrará en Capitulo 3_numeral 3.2.3, se clasificaron como suelos clase 8, los cuales hacen parte de las zonas sujetas a conservación.



Fotografía 1-2 Lámina de agua en cubeta de decantación del plano de inundación del rio Guayuriba-UCS RVPCDD
Coordenadas planas magna sirgas origen nacional
Este: 4943785,41 Norte: 1999413,29
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.4.1.8 Calidad del agua

Ahora bien, a pesar de no contar con la totalidad de permisos de acceso a predios, fue posible hacer una caracterización de campo lo suficientemente amplia que permitió reconocer de manera representativa el comportamiento, localización y existencia de los cuerpos lénticos y lóticos en el área de influencia fisicobiótica.

Para el componente de calidad del agua, el monitoreo durante la época de lluvias se vio limitado en seis (6) puntos de muestreo: uno (1) correspondientes a ecosistemas lénticos y cinco (5) a ecosistemas lóticos (LEN-02, , LOT-22, LOT-26, LOT-27, LOT-37 y LOT-58). Estos puntos se ubicaron en los predios Los Linderos, , Villa Valentina, Lote 6 y El Paraíso, estos puntos con sus respectivas coordenadas se encuentran incluidos en la **Tabla 1-6** y la **Figura 1-3**.

Tabla 1-6 Puntos de monitoreo sin acceso para la temporada de mayor precipitación

PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
	ESTE	NORTE
LEN-02	4937681,70	1995708,61
LOT-22	4938404,84	1990434,97
LOT-26	4937147,08	1991191,08
LOT-27	4936613,57	1994559,71
LOT-37	4936688,11	1989753,80
LOT-58	4936197,48	1994138,97

Fuente: SGI S.A.S, 2025

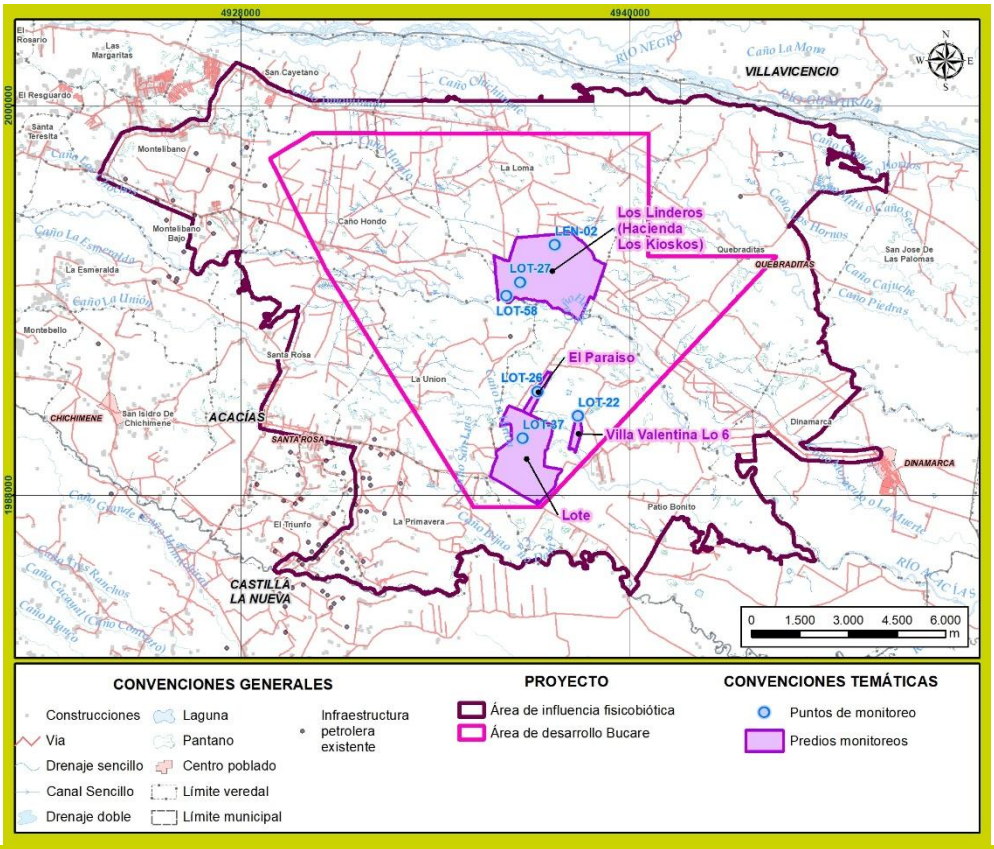


Figura 1-3 Predios sin permiso de acceso para la segunda temporada
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.4.1.9 Usos del agua

Para este componente no se tienen limitantes en la captura de información de campo.

1.4.1.10 Componente atmosférico

Para este componente no se tuvieron limitantes en la etapa de campo para realizar la caracterización.

1.4.1.11 Flora

La caracterización de la flora arbórea se vio limitada en los predios Providencia, Tauro, El Berlín (predio gestores proceso de paz), El Cedral, Gocolda, Monte Carlo, Inglaterra, La Herencia, La Quinta y algunos predios del centro poblado Santa Rosa y Granja corozal debido a restricciones impuestas por los propietarios, las cuales impidieron el desarrollo de las actividades de campo relacionadas con el establecimiento de parcelas en los mismos. Por otra parte, la caracterización de la flora en la vereda Quebraditas no fue posible debido a la crecida del Caño Chichimene dejando incomunicada la vía a través del puente de tipo terraplén; estructura que conecta esta vereda con la cabecera municipal de Acacías y con el resto del Área de Influencia Físico-biótica, lo que imposibilitó el acceso durante la fase de campo (**Figura 1-4**).

A pesar de estas dificultades para el establecimiento de las parcelas de flora en algunos de los puntos de muestreo propuestos, ni el alcance del muestreo, ni su representatividad ni su cobertura espacial se vieron afectados de manera significativa. Esto permitió cumplir adecuadamente con los

objetivos establecidos para la caracterización de la flora en los diferentes ecosistemas que conforman el Área de Influencia.

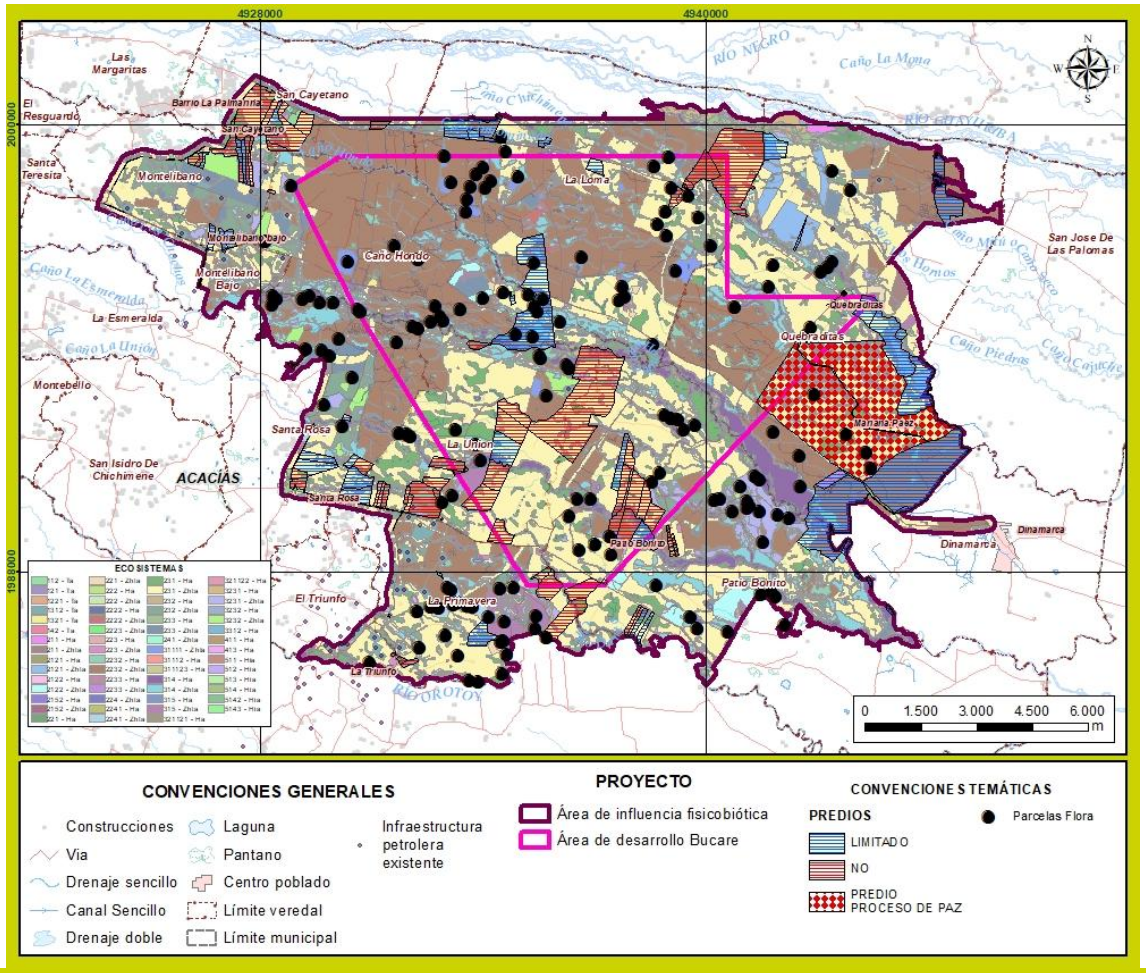


Figura 1-4 Mapa de limitaciones y restricciones en el acceso a predios para el componente de flora
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.4.1.12 Flora epífita

Para el componente de flora epifita vascular y no vascular se presentaron restricciones en el acceso a los predios Providencia, Tauro, Gocolda, El Berlin (predio gestores proceso de paz), El Cedral, Monte Carlo, Inglaterra, La Herencia, La Quinta y algunos predios del centro poblado Santa Rosa y Granja corozal por parte de los propietarios durante la fase de campo y en algunas ocasiones posterior al inicio de actividades (**Figura 1-5**). Sin embargo, para este componente se logró un error de muestreo igual o menor al 5% para la caracterización de la flora vascular y no vascular presente en los forófitos de los diferentes ecosistemas en el Área de Influencia Físico-biótica.

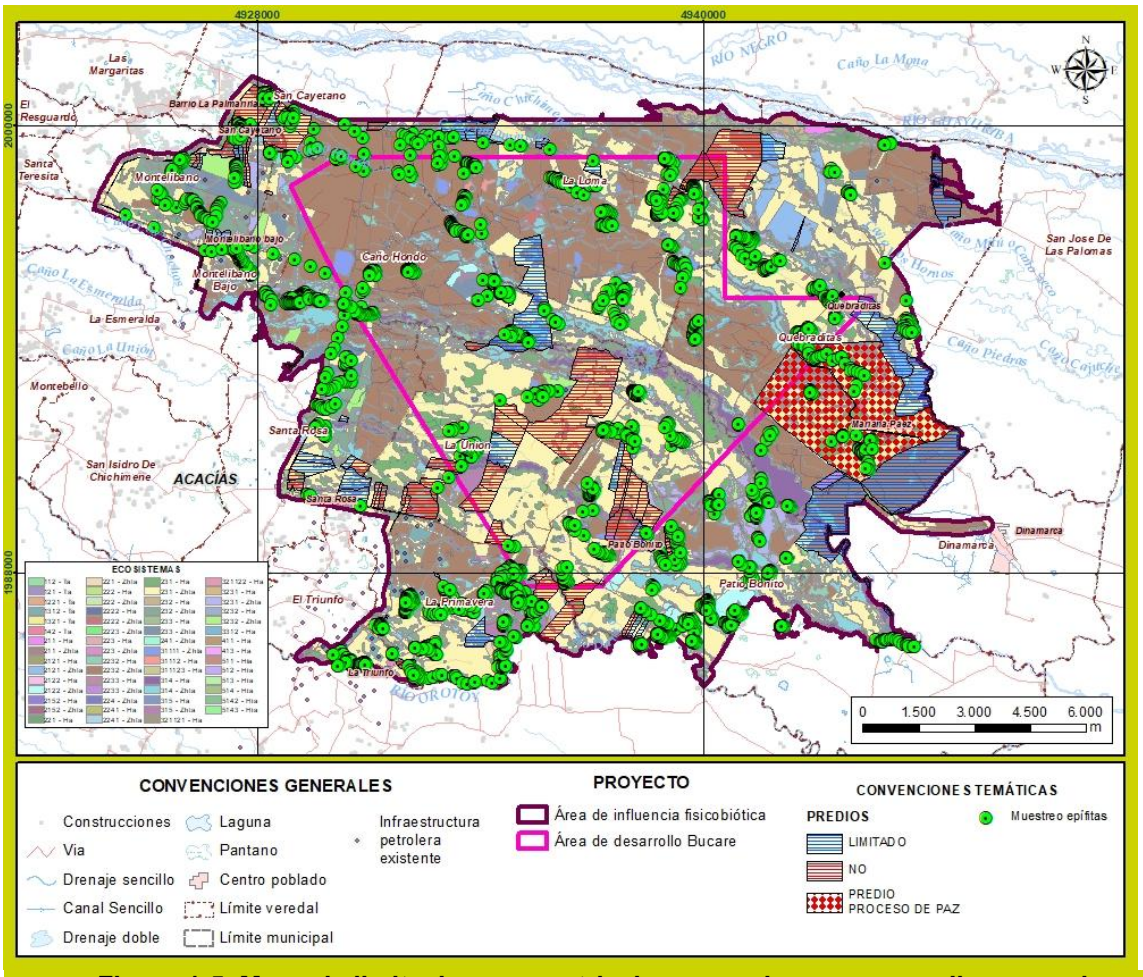


Figura 1-5 Mapa de limitaciones y restricciones en el acceso a predios para el componente de flora vascular y no vascular
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.4.1.13 Fauna

Para la caracterización de los diferentes grupos de fauna: aves, herpetos y mamíferos se vio limitado el ingreso a los predios Providencia, Gocolda, Tauro, El Berlin (muestreo nocturno restringido, predio gestores proceso de paz), El Cedral, Monte Carlo, Inglaterra, La Herencia, La Quinta y algunos predios del centro poblado Santa Rosa y Granja corozal por parte de los propietarios que no permitieron el desarrollo de las actividades de campo del componente en algunas coberturas y puntos de muestreo propuestos durante la fase pre-campo (**Figura 1-6**). Sin embargo, la presencia de dichas coberturas en veredas y predios aledaños permitieron el establecimiento de los transectos y puntos de muestreo de fauna con los que se logró alcanzar la efectividad del muestreo y cumplir con la representatividad de este en el Área de Influencia Físico-biótica.

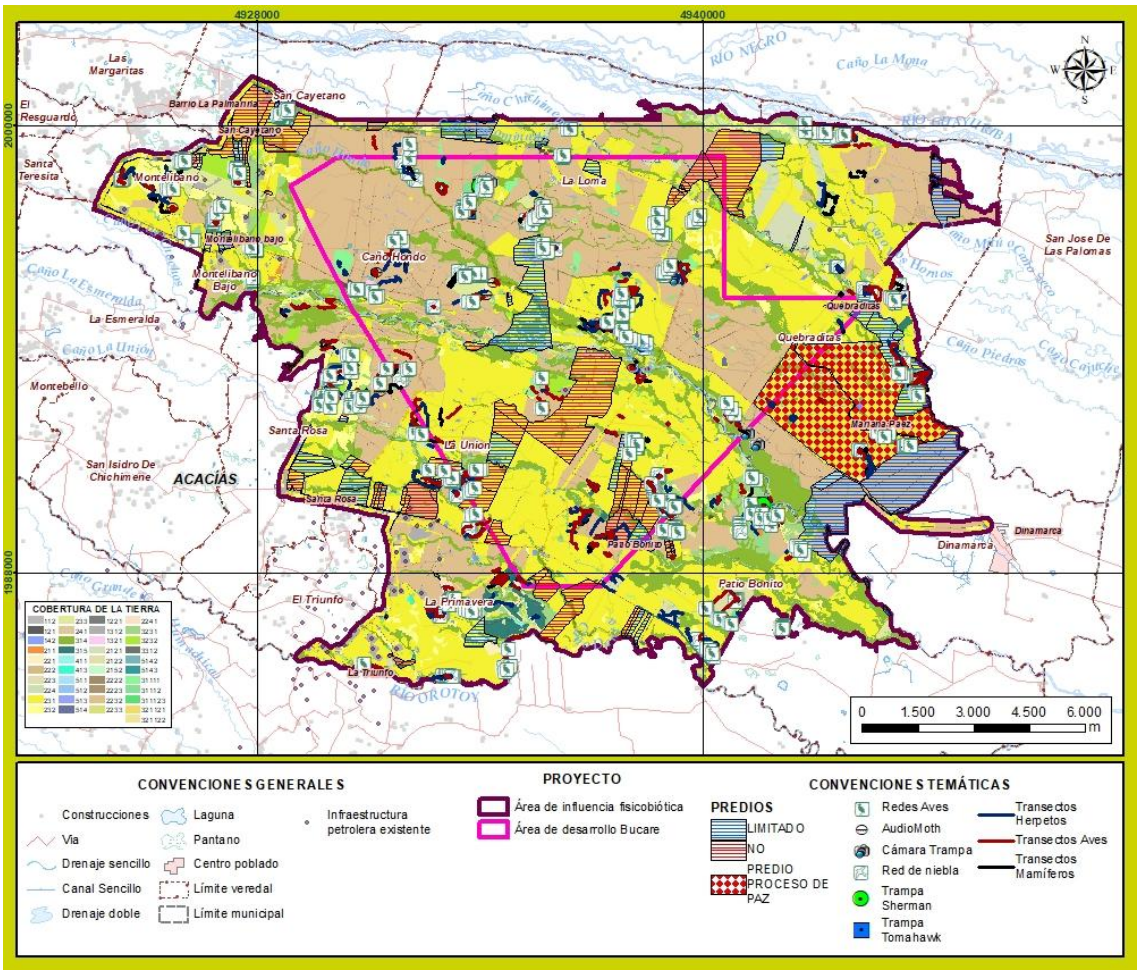


Figura 1-6 Mapa de limitaciones y restricciones en el acceso a predios para el componente da fauna
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.4.1.14 Ecosistemas Acuáticos

Para el componente de ecosistemas acuáticos, el monitoreo durante la época de lluvias se vio limitado en ocho (8) puntos de muestreo: tres (3) correspondientes a ecosistemas lénticos y cinco (5) a ecosistemas lóticos (LEN-02, , LOT-22, LOT-26, LOT-27, LOT-37 y LOT-58). Estos puntos se ubicaron en los predios Los Linderos, Villa Valentina Lote 6 y El Paraíso (**Figura 1-7**), donde no se otorgaron los permisos necesarios para desarrollar las actividades de monitoreo de comunidades hidrobiológicas durante la fase de campo por parte de los propietarios, o estos fueron revocados posteriormente.

A pesar de dichas restricciones, se logró un monitoreo representativo de los ecosistemas lénticos y de la red de drenajes del Área de Influencia Físico-biótica, abarcando un total de 54 puntos efectivos: 44 correspondientes a sistemas lóticos y 10 a sistemas lénticos. En estos puntos fueron evaluadas las seis (6) comunidades hidrobiológicas: perifiton, fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados bentónicos, macrófitas e ictiofauna.

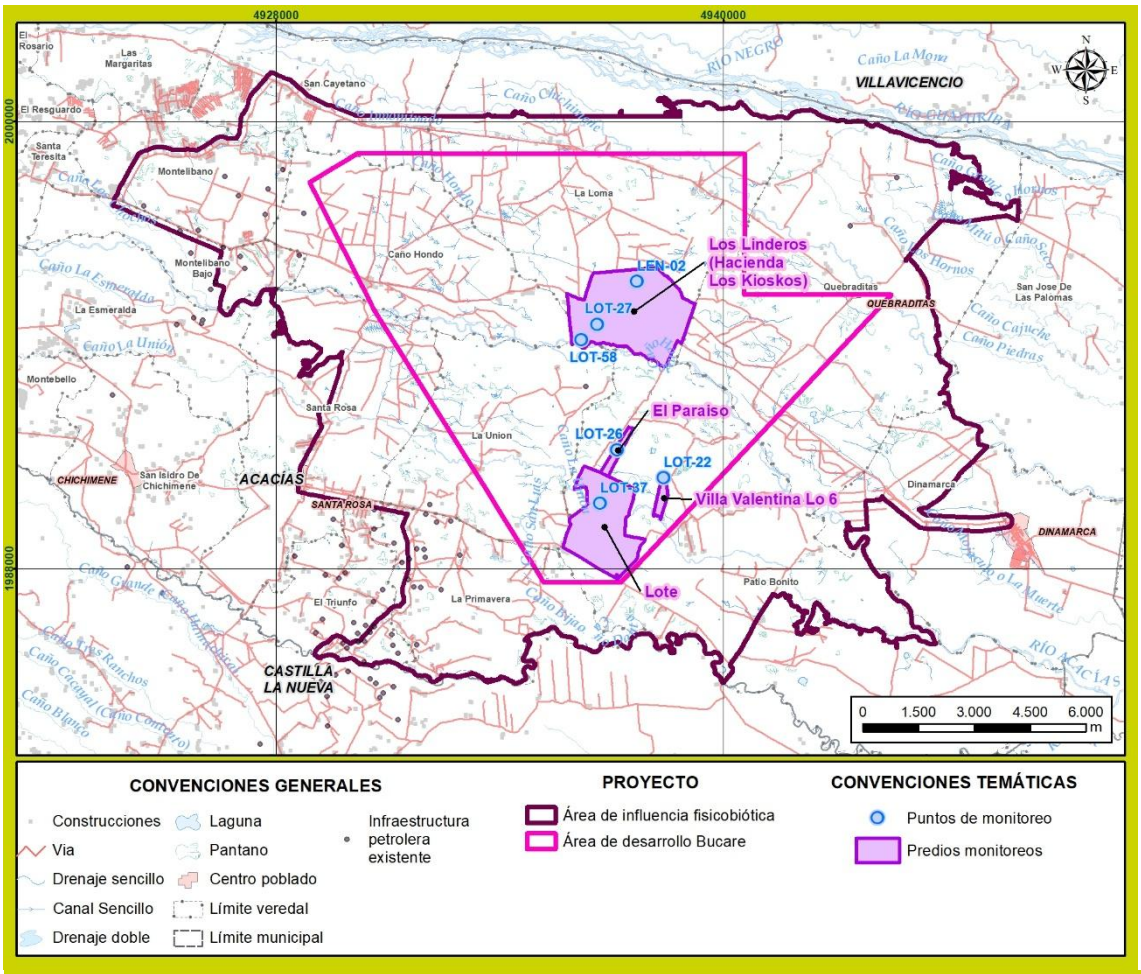


Figura 1-7 Mapa de limitaciones y restricciones en el acceso a predios para el componente de ecosistemas acuáticos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.4.1.15 Medio socioeconómico

Para la caracterización del componente socioeconómico del Área de Desarrollo Bucare, se identificaron y abordaron las siguientes dimensiones fundamentales: demográfica, espacial, económica, cultural y político-organizativa. Estas dimensiones permitieron una comprensión integral de las dinámicas sociales y económicas del territorio. En este contexto, se delimitó el área de influencia mediante la identificación de unidades territoriales menores que comprenden las veredas de Quebraditas, Montelíbano, Montelíbano Bajo, El Triunfo, Santa Rosa, San Cayetano, La Unión, La Primavera, Caño Hondo, La Loma, Patio Bonito, y Dinamarca, así como los predios específicos que hacen parte de dicha área.

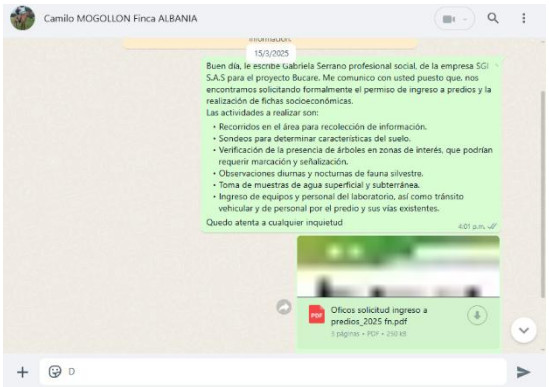
Con el objetivo de obtener información de primera mano y establecer una línea base confiable, se realizó un acercamiento directo al territorio. Este proceso incluyó la identificación y contacto con los propietarios y responsables de cada predio, así como la recolección de datos sobre las principales actividades económicas (como agricultura, ganadería, hidrocarburos o comercio), prácticas culturales locales, organización comunitaria y ocupación del espacio. Este acercamiento también permitió conocer el grado de apropiación del territorio por parte de sus habitantes y su relación con los recursos naturales. En paralelo, se gestionó el ingreso a los predios para facilitar el trabajo de los

equipos técnicos encargados de los componentes bióticos y físicos. De esta forma, los profesionales de geología, suelo, hidrología, geotecnia, calidad del aire, ruido, flora y fauna pudieron realizar las respectivas muestras, mediciones y monitoreos requeridos por los Términos de Referencia establecidos por la autoridad ambiental.

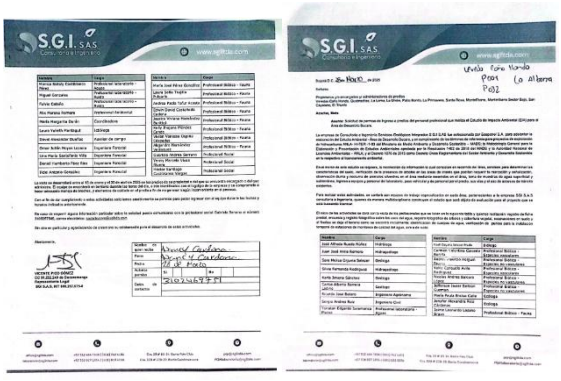
Como parte del cumplimiento técnico y normativo, se llevaron a cabo visitas predio a predio. Estas visitas resultaron fundamentales para la recolección de información detallada sobre las condiciones del territorio, incluyendo aspectos como la tenencia de la tierra, los responsables legales o de hecho, y la disponibilidad de servicios sociales y públicos (agua, energía, vías de acceso, saneamiento básico, educación y salud). A pesar del esfuerzo realizado por el equipo técnico del componente socioeconómico para generar confianza y facilitar el desarrollo de las actividades de campo, se presentaron algunas limitaciones en el proceso. En varios casos, los propietarios o encargados de los predios expresaron inconformidades con la empresa operadora, lo que derivó en restricciones para el acceso. En otros casos, simplemente no hubo disposición para colaborar con la caracterización, lo que afectó la posibilidad de recopilar información completa y representativa en ciertos sectores.

Como soporte de estas limitaciones, se realizaron esfuerzos adicionales de contacto a través de diferentes medios, incluyendo llamadas telefónicas, mensajes vía chat de WhatsApp y correos electrónicos, con el propósito de obtener la información requerida desde el componente socioeconómico. Se relacionan los predios y personas con quienes se intentó establecer comunicación y los resultados obtenidos en cada caso. **Anexo 7 / Anexo Socioeconomico/7.4 Otros.**

El proceso de gestión para obtener los permisos de ingreso a los predios se realizó tanto de manera presencial como digital o virtual, dependiendo de la información proporcionada directamente en el territorio por residentes, propietarios de predios, vecinos o dignatarios de las Juntas de Acción Comunal (JAC). Una vez se contaba con los datos de contacto del propietario o de los habitantes del inmueble, se procedía con la captura de información predial y económica. Como se ha mencionado previamente, esta información fue facilitada en algunos casos; sin embargo, en otros no fue posible acceder a ella, ya sea por la falta de autorización expresa de los propietarios o por desconfianza frente al uso de la información recolectada.



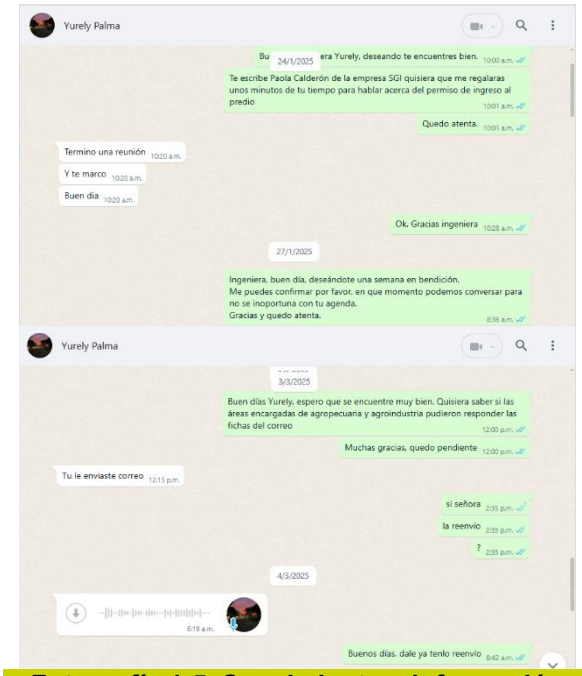
Fotografía 1-3 Solicitud de permiso Ingreso a predio
Fuente: SGI S.A.S, 2025



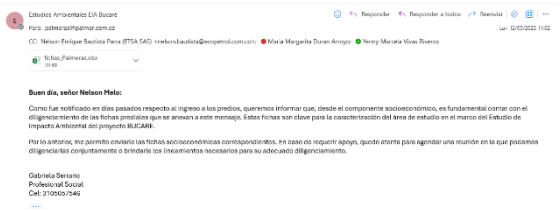
Fotografía 1-4 Permiso Ingreso a predio
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Aunque se aclaró en todo momento que los datos recolectados tenían fines exclusivos para el Estudio de Impacto Ambiental, algunos habitantes manifestaron su preocupación y temor de que dicha información pudiera ser compartida con otras entidades o instituciones, lo que, según ellos, podría afectar su avalúo predial o generar implicaciones tributarias.

En los casos en los que se logró un mayor nivel de acercamiento y colaboración, se enviaron correos electrónicos con los formularios correspondientes y se hizo seguimiento mediante mensajes por chat de WhatsApp. No obstante, a pesar de estos esfuerzos, en la mayoría de los casos no se obtuvo el diligenciamiento completo de las fichas socioeconómicas, aunque sí se logró obtener el permiso de ingreso a los predios.



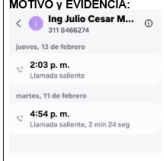
Fotografía 1-5 Seguimiento a información primaria a través de Chat de WhatsApp
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-6 Seguimiento a información primaria a través de correo
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Por último, se realizó un registro detallado de las llamadas telefónicas, a fin de abordar a los propietarios, administradores y encargados de los predios para la captura de información primaria y la gestión de los permisos necesarios para el ingreso al territorio.

S.G.I. S.A.S.	REGISTRO DE LLAMADAS	FO-GT-EP-145
		Página 1 de 1
	SERVICIOS GEOLÓGICOS INTEGRADOS	ACT. 0

PROYECTO: BUCARE		
FECHA: **13 febrero** **11 febrero**	**HORA DE INICIO DE LLAMADA:** **2:03pm** **4:54pm**	**HORA FINALIZADA DE LLAMADA:** **4:56pm**
A QUIEN SE LLAMO: Julio Cesar Administrador de la empresa La Mejorana		
LÍDER COMUNITARIO:	SI	NO X
	OTRO	
CARGO	N.A	
MOTIVO y EVIDENCIA: 		
OBSERVACIONES: - Se realiza llamada el 11 de febrero, en la llamada se le comenta sobre el proyecto Bucare y el permiso informa que se debe envíe el oficio por medio de WhatsApp. - Se realiza llamada el día 13 de febrero, pero no se logra obtener comunicación con el ingeniero Julio Cesar.		
NOMBRE: Gabriela Serrano **CARGO: Profesional Social**		

Fotografía 1-7 Seguimiento a información primaria a través de contacto telefónico. Fuente: SGI S.A.S, 2025

Estas limitaciones se constituyen en elementos relevantes a considerar dentro del análisis general del Estudio de Impacto Ambiental, dado que inciden directamente en la calidad y cobertura de la información primaria recolectada y, por ende, en el diseño de medidas de manejo social ajustadas a las realidades del territorio.

Se relacionan los predios viabilizados y aquellos en los que no se logró obtener el permiso de ingreso, evidenciando los alcances y limitaciones del proceso de campo.

Se mantuvo un registro detallado de las gestiones realizadas (ver **Anexo 7 / Anexo Socioeconomico/7.4 Otros**), las personas contactadas y los resultados obtenidos, lo que permitió documentar las dificultades enfrentadas y los esfuerzos efectuados para garantizar la mayor cobertura posible. Estas limitaciones se consideran un aspecto relevante dentro del análisis del Estudio de Impacto Ambiental, ya que inciden directamente en la calidad y representatividad de la información primaria recolectada, y, por tanto, en el diseño de medidas de manejo social acordes con las realidades del territorio.

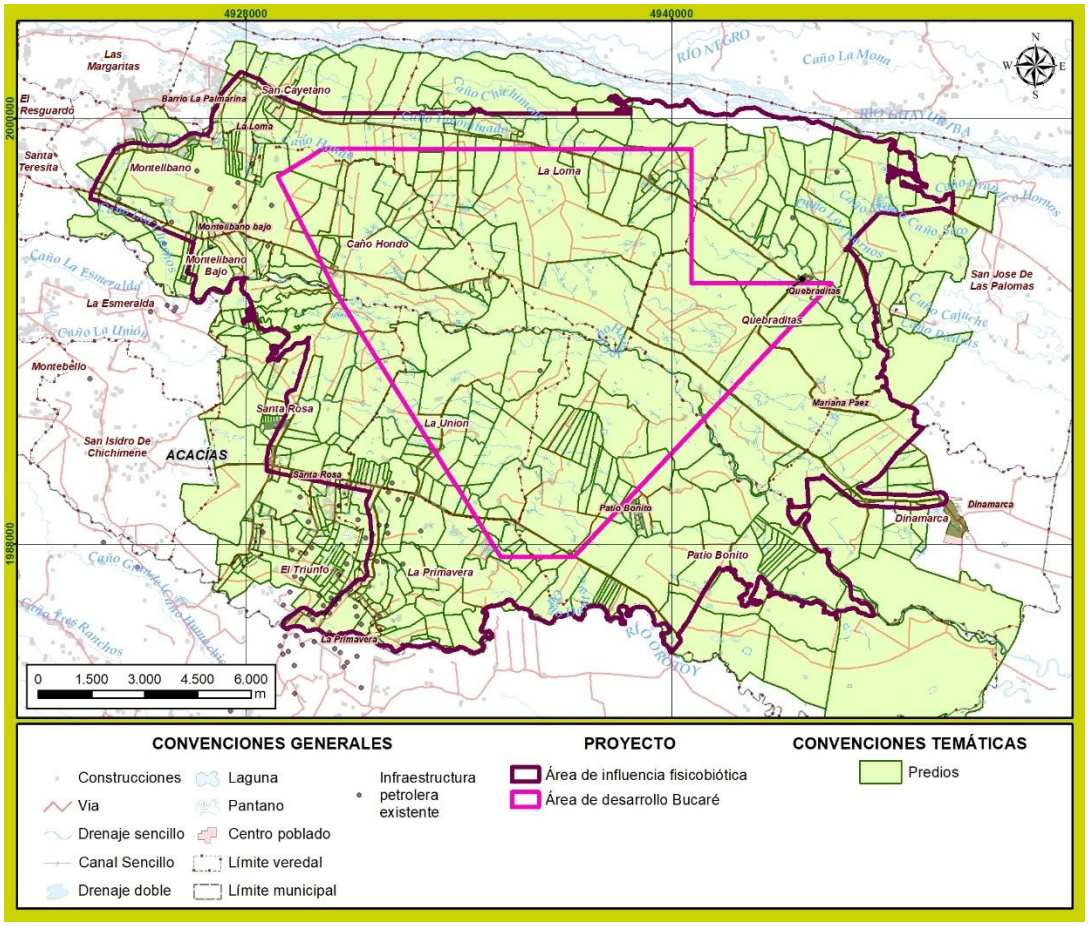


Figura 1-8 Predios parte del área de influencia
Fuente: SGI SAS,2025

Durante el proceso de captura de información del componente socioeconómico del Área de Desarrollo Bucare se presentaron diversas dificultades que limitaron la cobertura y representatividad de la información obtenida en campo.

Aunque se planificó un acercamiento directo al territorio, incluyendo la identificación de propietarios, responsables y habitantes de los predios del área de influencia que abarca las veredas Quebraditas, Montelíbano, Montelíbano Bajo, El Triunfo, Santa Rosa, San Cayetano, La Unión, La Primavera, Caño Hondo, La Loma, Patio Bonito y Dinamarca, el desarrollo de las actividades enfrentó restricciones relacionadas con el acceso y la disposición de los informantes.

Con el objetivo de superar estas limitaciones, el equipo técnico implementó estrategias de contacto adicionales, como llamadas telefónicas, correos electrónicos y mensajes por WhatsApp, buscando facilitar el flujo de información y formalizar los permisos de ingreso. Si bien estas gestiones permitieron acceder a algunos predios, en varios casos no se logró completar la información requerida, afectando el nivel de detalle de la línea base.

Estas dificultades se constituyen en un aspecto relevante dentro del análisis del Estudio de Impacto Ambiental, dado que inciden directamente en la calidad, cobertura y representatividad de la información primaria, y, en consecuencia, en la precisión del diagnóstico social y en el diseño de medidas de manejo ajustadas a las realidades del territorio.

Durante la determinación del área de influencia fase de análisis y de acuerdo con la identificación de impactos significativos del proyecto y su trascendencia fue necesario incluir la Vereda Dinamarca por trascendencia de impactos por lo cual esta no se encuentra incluida en los espacios informativos del momento 1, con esta se realizó un espacio informativo mixto donde se presentó el proyecto y se realizó el taller de impactos y medidas de manejo.

1.4.1.16 Paisaje

Para el componente paisaje no se tuvieron limitaciones en la fase de caracterización del área de influencia.

1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 Especificaciones para la presentación de la información geográfica y cartográfica

La información cartográfica se elaboró teniendo en cuenta los términos de referencia HI-TER-1-03 para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para proyectos de explotación de hidrocarburos y la Metodología General para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales de 2018, así como lo establecido en la Resolución No. 2182 de diciembre de 2016, donde se incorporan los lineamientos del Modelo de Almacenamiento Geográfico -MAG de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, el cual permite almacenar y representar la información geográfica de manera completa, precisa e intercambiable. En relación con la cartografía base se tomó el modelo almacenamiento establecido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, entidad encargada de la producción de la cartografía básica a nivel Nacional.

De igual forma, se consideró la Circular Externa No. 00001 del 9 de octubre de 2020 emitida por la ANLA, en la que se indica lo siguiente: “A partir del 1 de enero de 2021, toda la información geográfica presentada a la ANLA deberá estar acorde con el Único Origen Nacional de Coordenadas, conforme con lo dispuesto por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC en las Resoluciones 471 del 14 de mayo de 2020 y 529 del 05 de junio de 2020.”, por esta razón a nivel documental se presenta la información referente a coordenadas y áreas en el sistema Magna Sirgas Origen Nacional.

Teniendo en cuenta lo anterior, la metodología para el desarrollo del componente se consideró las siguientes actividades para cada una de las etapas del proyecto, con el fin de obtener el Anexo Cartográfico consolidado para el presente Estudio de Impacto Ambiental.

1.5.1.1 Captura de información

Previo al inicio de las actividades de campo se revisaron las actividades que facilitan el desarrollo de la caracterización y aspectos relevantes desde todos los componentes que integran el Estudio de Impacto Ambiental, las cuales corresponden a:

1.5.1.1.1 Definición de ventana cartográfica

Basado en las actividades y área a intervenir con el proyecto, se realizó la delimitación del área geográfica a cartografiar para las diferentes salidas gráficas del Estudio, tanto figuras como mapas.

El principal criterio tenido en cuenta para esta delimitación fue la necesidad de representar las diferentes temáticas dentro del área de influencia fisicobiótica y en segunda medida la escala de elaboración del estudio, la cual corresponde a una escala 1:10.000. A continuación, en la **Figura 1-9** se presenta la ventana cartográfica definida:

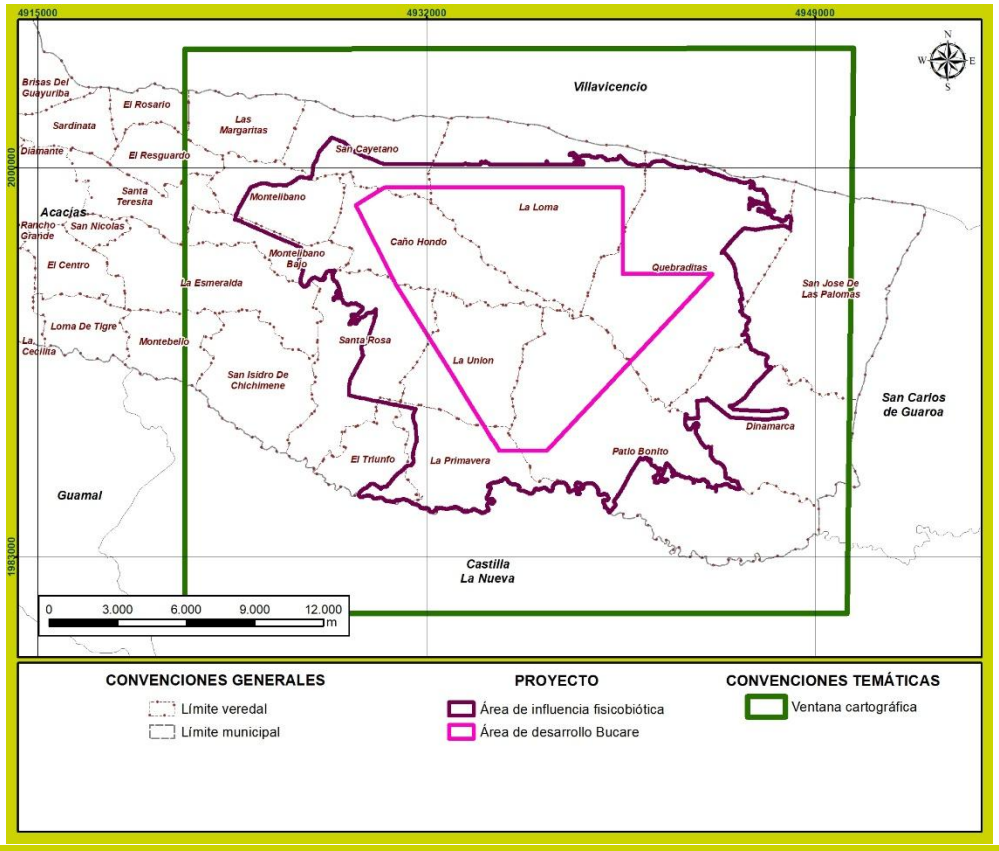


Figura 1-9 Ventana Cartográfica
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.1.1.2 Revisión de fuentes de información secundaria

Con fin de dar completitud y coherencia a la información cartográfica, se consultaron diferentes fuentes de información disponibles que permitieron dar cubrimiento en términos cartográficos al área de influencia del proyecto. A continuación, en la **Tabla 1-7** se presenta los insumos empleados para el componente cartográfico del estudio.

Tabla 1-7 Fuentes de información cartográfica

ITEM	FUENTE	DESCRIPCIÓN
Base cartográfica	IGAC 1:25.000	Planchas cartográficas 266-IV-A, 266-IV-B, 266-IV-C, 266-IV-D, 267-III-A, 267-III-C, 285-II-A, 285-II-B, 286-I-A
Imagen satelital	Adquirida para el proyecto	EarthScanner JL-1KF01, resolución espacial 0,5 m, resolución espectral 4 bandas, fecha de toma 26 de agosto de 2023
Modelo digital de elevación	Adquirido para el proyecto	WorldDEM Neo Tamaño de pixel de 5 m
POMCA	CORMACARENA	Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Guayuriba (3502) – Resolución 2680 del 28 de octubre de 2019
		Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Acacías – Pajure – Resolución

ITEM	FUENTE	DESCRIPCIÓN
		PS.GJ.1.2.6.012.0316 del 20 de marzo de 2012
Superposición de proyectos	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA	Sistema para el Análisis y Gestión de Información del Licenciamiento Ambiental - AGIL
	Agencia Nacional de Minería	Sistema Integral de Gestión Minera – AnnA Minería Geovisor geográfico

Fuente: SGI SAS, 2025

1.5.1.1.3 Actualización cartografía base

Se realizó la actualización de la cartografía base a escala 1:10.000 mediante los procesos de digitalización y ajuste de la base cartográfica IGAC y de los estudios existentes en el área de estudio, empleando la imagen adquirida para el proyecto. A continuación, se describen las principales entidades geográficas actualizadas:

- Hidrografía: En primera instancia, se identifican y clasifican los cuerpos de agua, incluyendo drenajes simples y dobles, madres viejas, canales simples y dobles, lagunas y otros cuerpos de agua. A partir de las planchas cartográficas del IGAC, la información es actualizada utilizando la imagen satelital adquirida para el proyecto, asegurando mayor precisión en la representación hidrológica, en la **Figura 1-10** se presenta un ejemplo de digitalización del cuerpo de agua sobre el Río Acacías.



Figura 1-10 Digitalización cuerpos de agua
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En el caso de los drenajes en zonas de intersección, donde las vías atraviesan ríos, caños y/o canales, la infraestructura vial, especialmente las que cuentan con infraestructuras de obra civil (alcantarillas, box coulvert, puentes y/o pontones), se conserva con el fin de garantizar la

continuidad hidráulica de los cuerpos de agua y la continuidad del trazado vial, asegurando la conectividad y funcionalidad del trazado (ver **Figura 1-11**).



Figura 1-11 Representación de cuerpos de agua y cruces de vías
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Infraestructura vía: Para la actualización de la infraestructura vial, se llevó a cabo un proceso estructurado en varias etapas. Inicialmente, se recopiló información a partir de imágenes satelitales del proyecto, lo que permitió obtener una visión preliminar de la red vial y detectar posibles modificaciones. Posteriormente, se complementó este análisis con trabajo de campo, donde se realizó una verificación directa de los datos.

  Durante este proceso, las vías fueron identificadas y categorizadas de acuerdo a la metodología IGAC. Para cada una de ellas, se registraron atributos específicos como el tipo de pavimento, el ancho de la vía y su estado de conservación, factores fundamentales para evaluar su funcionalidad y condiciones de uso.



Figura 1-12 Digitalización infraestructura vial
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Además, cuando se identificaron vías que presentaban intersecciones con cuerpos de agua, se observó que estas no se suspenden, permitiendo la continuidad de los cuerpos d agua mediante puentes, drenajes o estructuras de paso. Estas soluciones garantizan la conectividad del sistema vial sin afectar el flujo natural del agua, asegurando un equilibrio entre la infraestructura y el entorno geográfico.

- Curvas de nivel: Su generación se realiza a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) WorldDEM Neo con un tamaño de píxel de 5 m e intervalo de alturas de 10 m. Empleando el software ArcGIS 10.8 se general líneas equidistantes que reflejan la topografía del terreno (ver **Figura 1-13**)

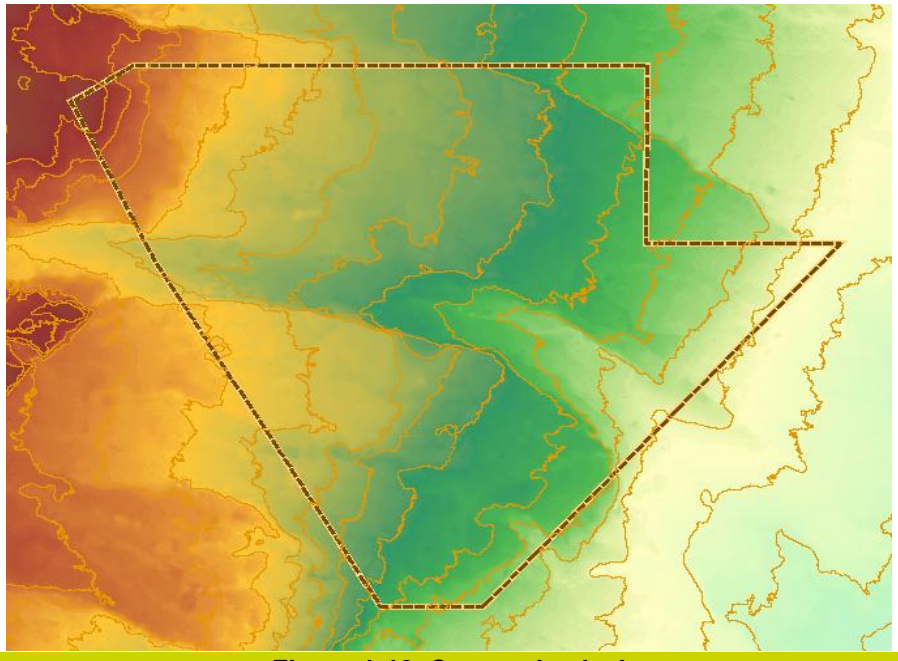


Figura 1-13 Curvas de nivel
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Después de obtener las curvas de nivel, se inicia el proceso de validación y ajustes, prestando especial atención a los sectores donde estas se cruzan con drenajes, ya sean sencillos o dobles. En el caso de los drenajes sencillos, las curvas de nivel deben interceptarlos de manera angular, siempre orientadas hacia el nacimiento del río, es decir, hacia la zona de mayor altitud. Para los drenajes dobles, la intersección debe ser perpendicular a los bordes del drenaje, lo que indica una altura homogénea a ambos lados y contribuye a definir el curso del flujo hídrico. Este criterio, entre otros, es fundamental para garantizar una representación precisa de la topografía.

Asimismo, durante el proceso de validación se verifica que las curvas de nivel no intercepten un drenaje en más de un punto, ya que todos los sistemas de drenaje se forman por acción de la gravedad y siguen un curso determinado por la pendiente del terreno.

1.5.1.2 Entrega de información geográfica y cartográfica

1.5.1.2.1 Etapa post-campo y actualización de la cartografía final

La información recopilada en la fase de campo por los profesionales, incluyendo monitoreos, puntos de control, recorridos y levantamiento de inventarios, fue depurada y estructurada según los

requerimientos del Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) para cada temática. Esto permitió su consolidación en la geodatabase (GDB) final del estudio, garantizando la coherencia y precisión de los datos.

A continuación, se presenta una muestra de los puntos capturados en campo y su representatividad dentro del área de influencia para algunos de los componentes:

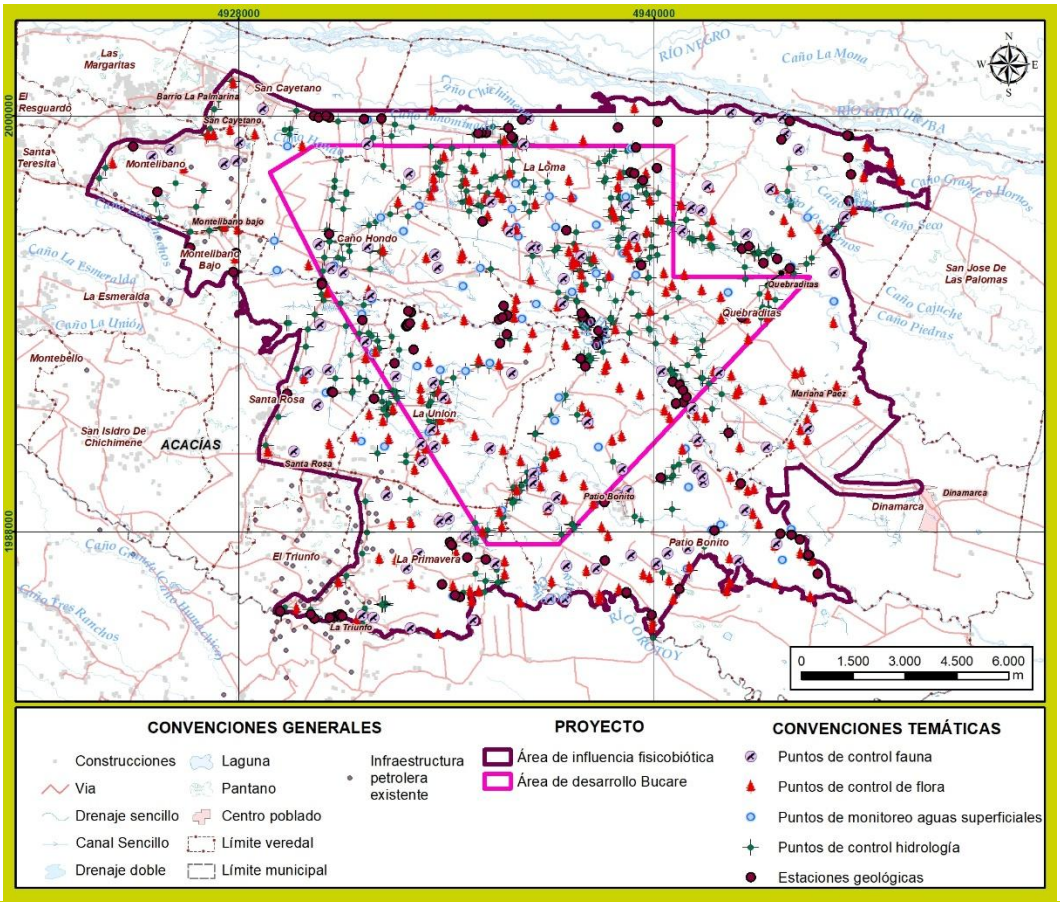


Figura 1-14 Puntos de control en campo
Fuente: SGI S.A.S, 2025

A partir de la recopilación y análisis de los puntos de control de campo, se llevaron a cabo los ajustes pertinentes tanto en la cartografía base como en la temática. Este proceso se fundamentó en una evaluación minuciosa de las evidencias recolectadas directamente en terreno, garantizando así una mayor precisión y fidelidad de la representación espacial. Los datos obtenidos permitieron corregir posibles inconsistencias, actualizar elementos clave y mejorar la interpretación cartográfica, asegurando que la información refleje con mayor exactitud las condiciones reales observadas en el área de estudio.

1.5.1.2.2 Calidad de la información

La evaluación de la calidad de los datos contenidos en la GDB del presente estudio se realizó conforme a la NTC 5043, la cual establece los elementos y subelementos de calidad de la información geográfica, entre ellos la precisión posicional, consistencia lógica y completitud. Adicionalmente, en cumplimiento de la NTC 5660, se llevaron a cabo los procesos de verificación de

calidad y conformidad de los productos cartográficos, considerando aspectos como la topología, relaciones espaciales, y la detección de errores por omisión y comisión.

1.5.1.2.3 Consolidación de entregables

Una vez surtidas todas las etapas del proyecto y de acuerdo con las guías y metodologías empleadas, el anexo cartográfico del presente Estudio de Impacto Ambiental contiene la siguiente información:

1.5.1.2.3.1 Almacenamiento en Modelo de Datos vigente

La cartografía temática del presente estudio se almacenó conforme al Modelo de Almacenamiento Geográfico adoptado mediante la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016, la cual modifica y consolida el modelo definido en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales. La información se organizó en conjuntos de datos que agrupan capas geográficas correspondientes a los medios abiótico, biótico, socioeconómico, gestión del riesgo y zonificación, a partir de la información recopilada en las etapas previas del estudio. Asimismo, se definió la estructura atributiva de cada conjunto de datos, de manera que, una vez cargada la información geométrica, se procedió al diligenciamiento de los atributos y tablas asociadas a cada capa, con base en la información suministrada por los especialistas de cada componente.

1.5.1.2.3.2 Insumos

Corresponde a la información obtenida de fuentes primarias y secundarias en formatos vector y ráster y que fueron empleadas como insumo para la realización del presente estudio, tales como:

- Imágenes satelitales empleadas para análisis multitemporales
- Imagen satelital adquirida para el proyecto
- Modelo digital de elevación para la zona del estudio
- Información en formato .SHP adicional al MAG, organizados por temáticas
- Modelos de inundación
- Modelos dispersión de contaminantes

1.5.1.2.3.3 Metadatos

Para la elaboración de los metadatos se empleó la plantilla V4.0 establecida por la Autoridad Nacional de Licencia Ambientales - ANLA para la documentación de información espacial y documental asociada a los estudios ambientales en formato XLS.

Estos metadatos fueron diligenciados teniendo como base la Guía para el diligenciamiento de Metadatos ANLA del año 2020, para cada una de las capas geográficas, ráster y cartografía base que componen el presente estudio, así como el metadato documental con la información del presente estudio.

1.5.1.2.3.4 MXD

Contiene las plantillas de los metadatos en formato MXD versión 10.8, tal como se presenta en la **Tabla 1-8**.

Tabla 1-8 Listado de mapas

N°	NOMBRE ARCHIVO ECOPETROL	NOMBRE DEL MAPA	ESCALA TRABAJO	ESCALA PRESENTACIÓN
1	01_LLA_Q_MLO_30122025_01	Mapa de localización del proyecto	1:10000	1:30.000
2	02_LLA_Q_VIA_30122025_01	Mapa de accesibilidad	1:10000	1:30.000

N°	NOMBRE ARCHIVO ECOPETROL	NOMBRE DEL MAPA	ESCALA TRABAJO	ESCALA PRESENTACIÓN
3	03_LLA_Q_INF_30122025_01	Mapa de infraestructura petrolera	1:10000	1:30.000
4	04_LLA_Q_AIF_30122025_01	Mapa de áreas de influencia	1:10000	1:30.000
5	05_LLA_Q_MGE_30122025_01	Mapa de geología	1:10000	1:30.000
6	06_LLA_Q_GMF_30122025_01	Mapa de geomorfología	1:10000	1:30.000
7	07_LLA_Q_PEN_30122025_01	Mapa de pendientes	1:10000	1:30.000
8	08_LLA_Q_SUE_30122025_01	Mapa de suelos	1:10000	1:30.000
9	09_LLA_Q_CSU_30122025_01	Mapa de capacidad de uso de la tierra	1:10000	1:30.000
10	10_LLA_Q_UAS_30122025_01	Mapa de uso actual del suelo	1:10000	1:30.000
11	11_LLA_Q_CFL_30122025_01	Mapa de conflicto uso del suelo	1:10000	1:30.000
12	12_LLA_Q_HLG_30122025_01	Mapa hidrológico	1:10000	1:30.000
13	13_LLA_Q_HDG_30122025_01	Mapa hidrogeológico	1:10000	1:30.000
14	14_LLA_Q_GTC_30122025_01	Mapa de zonificación geotécnica	1:10000	1:30.000
15	15_LLA_Q_CAI_30122025_01	Mapa de calidad del aire - PM10 24h - línea base	1:10000	1:30.000
16	16_LLA_Q_CAI_30122025_02	Mapa de calidad del aire - PM10 anual - línea base	1:10000	1:30.000
17	17_LLA_Q_CAI_30122025_03	Mapa de calidad del aire - pm2.5 24h - línea base	1:10000	1:30.000
18	18_LLA_Q_CAI_30122025_04	Mapa de calidad del aire - pm2.5 anual - línea base	1:10000	1:30.000
19	19_LLA_Q_CAI_30122025_05	Mapa de calidad del aire - SO2 24h - línea base	1:10000	1:30.000
20	20_LLA_Q_CAI_30122025_06	Mapa de calidad del aire - SO2 1h - línea base	1:10000	1:30.000
21	21_LLA_Q_CAI_30122025_07	Mapa de calidad del aire - NO2 1h - línea base	1:10000	1:30.000
22	22_LLA_Q_CAI_30122025_08	Mapa de calidad del aire - NO2 anual - línea base	1:10000	1:30.000
23	23_LLA_Q_CAI_30122025_09	Mapa de calidad del aire - CO 8h - línea base	1:10000	1:30.000
24	24_LLA_Q_CAI_30122025_10	Mapa de calidad del aire - CO 1h - línea base	1:10000	1:30.000
25	25_LLA_Q_ISD_30122025_01	Mapa de ruido ambiental - diurno hábil	1:10000	1:30.000
26	26_LLA_Q_ISD_30122025_02	Mapa de ruido ambiental - diurno festivo	1:10000	1:30.000
27	27_LLA_Q_ISN_30122025_01	Mapa de ruido ambiental - nocturno hábil	1:10000	1:30.000
28	28_LLA_Q_ISN_30122025_02	Mapa de ruido ambiental - nocturno festivo	1:10000	1:30.000
29	29_LLA_Q_UPJ_30122025_01	Mapa de unidades de paisaje	1:10000	1:30.000
30	30_LLA_Q_VEG_30122025_01	Mapa de cobertura de la tierra	1:10000	1:30.000
31	31_LLA_Q_ECT_30122025_01	Mapa de ecosistemas terrestres	1:10000	1:30.000
32	32_LLA_Q_SEC_30122025_01	Mapa de socioeconómico	1:10000	1:30.000
33	33_LLA_Q_ARQ_30122025_01	Mapa de potencial arqueológico	1:10000	1:30.000
34	34_LLA_Q_ZAB_30122025_01	Mapa de zonificación medio abiótico	1:10000	1:30.000
35	35_LLA_Q_ZBI_30122025_01	Mapa de zonificación medio biótico	1:10000	1:30.000
36	36_LLA_Q_ZSE_30122025_01	Mapa de zonificación medio socioeconómico	1:10000	1:30.000
37	37_LLA_Q_ZAM_30122025_01	Mapa de zonificación ambiental	1:10000	1:30.000
38	38_LLA_Q_ZMA_30122025_01	Mapa de zonificación de manejo de la actividad	1:10000	1:30.000
39	40_LLA_Q_AMZ_30122025_02	Mapa de amenaza por incendio	1:10000	1:30.000
40	41_LLA_Q_AMZ_30122025_03	Mapa de amenaza por inundación	1:10000	1:30.000
41	42_LLA_Q_AMZ_30122025_04	Mapa de amenaza por movimientos en masa	1:10000	1:30.000
42	47_LLA_Q_UAR_30122025_01	Mapa de uso y aprovechamiento de recursos	1:10000	1:30.000

Fuente: SGI SAS, 2025

1.5.1.2.3.5 PDF

Dentro de esta carpeta se presentan los mapas descritos anteriormente en formato PDF.

1.5.1.3 Estructura archivo leáme

El archivo denominado Léame presenta de manera organizada la estructura del Anexo Cartográfico del Estudio de Impacto Ambiental del Área de Desarrollo Bucaré, detallando cada una de las carpetas que lo conforman, de acuerdo con lo descrito en la presente metodología. Adicionalmente, incluye la documentación de soporte asociada a los ajustes realizados al Modelo de Almacenamiento de Datos Geográfico (MAG), tales como la incorporación de feature class, campos y dominios adicionales, la identificación de campos obligatorios no diligenciados y las notas aclaratorias relacionadas con la información cartográfica presentada.

1.5.1.4 Notas aclaratorias de la GDB

- Capas adicionales empleadas para la elaboración del presente EIA y que no tienen un feature especifico en el MAG se anexan en la carpeta Insumos/Vector y corresponde a:

TEMÁTICA	NOMBRE CAPA
GEOLOGÍA	Puntos_Control_Geologia
	Puntos_Muestreo_Geologia
	Perfiles_Geologicos
GEOMORFOLOGÍA	PuntoControl_Geomorfologia
	PuntoControl_GeomorfologiaPrecampo
	Multitemporal_Procesos_Morfodinamicos
	Procesos_MorfodinamicosPrecampo
	PuntosSedimentacion
HIDROGEOLOGÍA	Pruebas_Bombeo
	MT
	PerfilesMT
	TomografiasLN
	TomografiasPT
	Direccion_Flujo
	Isopiezas
	PozosCorrelacion
	CorrelacionEstratigrafica
CALIDAD AIRE	Aforo_Vehicular
	Muestreo_Finos
COBERTURA DE LA TIERRA	CoberturaTierra_Bucare_2016
ATMOSFERA	PuntosControl_AtmosferaPrecampo
HIDROLOGÍA	CuencasOC
	VertimientosCORMACARENA
	CaptacionSuperficialCORMACARENA
	CaptacionSubterraneasCORMACARENA
	CaptacionSuperficialANLA
	CaptacionSubterraneasANLA
	PuntosControl_HidrologiaPrecampo
	PuntosControl_HidrologiaCampo
	PuntosControl_Lenticos
	PuntosControl_Loticos
	PuntosControl_Humedales
ESCENARIOS INYECCION	Iny_DISP_Esc1234
	Iny_Esc1
	Iny_Sost_Esc2
	Iny_Sost_Esc3
	Prod_Esc1
	Productores_ESC2
	Productores_ESC3
ÁREA DE INFLUENCIA	Vertices_Suelos
	Vertices_Hidrologia
	Vertices_Geomorfologia
	Vertices_AIFB
	Vertices_AIFisica
	Vertices_Flora_Fauna
	Vertices_Paisaje

TEMÁTICA	NOMBRE CAPA
	Vertices_Conectividad
	Vertices_AIBiotica

Fuente: SGI SAS, 2025

- **UNIDAD MINIMA CARTOGRÁFIABLE**

- Para el presente estudio, la Unidad Mínima de Cartografía (UMC) para las capas temáticas se establece en 1 hectárea para cualquier entidad geográfica, con excepción de cuerpos de agua y áreas artificializadas, como vías, centros poblados e infraestructura existente.
- En cuanto a la cartografía base, se utiliza una UMC de 100 m² en los cuerpos de agua. No obstante, en entidades como lagunas y otros cuerpos de agua, debido a su relevancia dentro del área de influencia, se mantienen 7 y 1 polígonos, respectivamente, con áreas inferiores a este umbral.

- **ÁREAS Y COORDENADAS**

Para la presentación de las coordenadas y las áreas del presente estudio, en los documentos se realiza el redondeo a dos cifras decimales por el digito más cercano.

- **INFRAESTRUCTURA EXISTENTE**

- En las capas InfraProyectoPG e InfraProyectoLN se carga información de otras operadoras, industrial o infraestructura de servicios presentes en el área de influencia, sin embargo, no de todos se conocen los datos como expediente y/o licencias, por lo tanto, algunos campos se encuentran vacíos.
- En las capas InfraProyectoPG se incluye la infraestructura existente dentro del Área de Influencia, reportada por campos aledaños como el Bloque Cubarral y el Campo 50K. No obstante, estas presentan diferencias frente a las capas de Cobertura de la Tierra, Geomorfología y Suelos, ya que en ellas se representa el área efectiva de intervención.
- En las capas InfraProyectoPG, InfraProyectoLN e InfraProyectoPT se incluye la infraestructura existente dentro del Área de Influencia y en la ventana cartográfica, reportada por campos aledaños como el Bloque Cubarral y el Campo 50K. No obstante, en el Capítulo 2, Numeral 2.2.1 Infra_existente y anexo 2. Descripción del proyecto/2.1 infraestructura existente, únicamente se describe la infraestructura localizada dentro del Área de Influencia del presente estudio; lo adicional corresponde a información complementaria incluida en la ventana cartográfica y en las salidas gráficas.
- En la capa de Zodmes se incluye los zodmes licenciados para el Campo 50k y Bloque Cubarral que se encuentran dentro del Área de Influencia del proyecto.

- **ÁREA DE INFLUENCIA FISICOBIOTICA**

- Dado que el área de influencia corresponde a la suma de las áreas física y biótica, se identificó un vacío de información de 35,32 m² en la parte superior. Al encontrarse por debajo del área mínima cartografiable, este espacio se integró dentro del área de influencia físico-biótica en la fase previa y en la fase de análisis, con el fin de evitar errores topológicos y garantizar la completitud de la información temática del estudio.

- **ARQUEOLOGÍA**

El área del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Bucare se encuentra contenida dentro del Bloque CPO-9, razón por la cual el componente arqueológico del estudio debe ceñirse a las directrices del Programa de Arqueología Preventiva del Proyecto Bloque CPO-9, registrado ante el Instituto

Colombiano de Antropología e Historia (ICANH) mediante la Resolución No. 647 del 24 de agosto de 2020. En el marco de dicho programa fue elaborado y presentado el Diagnóstico Arqueológico del Bloque CPO-9, radicado bajo el No. 7738 de 2020, cuya evaluación fue conceptuada mediante la Comunicación No. 130-8990 del 29 de diciembre de 2020. Este diagnóstico constituye la línea base oficial para la toma de decisiones en materia de zonificación arqueológica dentro del bloque y, por tanto, es el marco de referencia obligatorio para el presente EIA Bucare y razón por la cual, solo se presenta para el área de intervención del proyecto.

- **FRANJAS DE CAPTACIÓN**

La franja de captación CAPT-1 cruza dos predios y dos veredas, en la capa CaptacionAguaSuperLN se diligencian dichos campos considerando la ubicación del punto central de la franja y se aclara en el campo OBSERV el otro predio y vereda.

- **PUNTO HIDROGEOLÓGICO**

Algunos atributos presentan espacios en blanco debido a condiciones de campo que impidieron su medición o reporte. Entre las principales razones se encuentran:
-Pozos sellados o completamente cerrados, lo que impidió medir profundidad y nivel estático.
-Aljibes con tapas fijas que no permitieron acceder al interior.
-Limitación por parte de los propietarios, quienes no autorizaron la toma de datos o no suministraron información.
-Equipos instalados (p. ej., bombas sumergibles) que obstaculizaban la medición.

- **CALIDAD DE AIRE**

Para la generación del informe de calidad del aire y sus anexos se utilizó el software especializado OMeRo (Operational Measurement Reporter), desarrollado por SLC Association SAS (Scientific Level Consultants.

Esta herramienta garantiza la trazabilidad y reproducibilidad del procesamiento, cumpliendo con normativas nacionales e internacionales. A continuación, se aclaran aspectos clave del cálculo y presentación de resultados:

- Cálculo de promedios y estructura temporal: OMeRo implementa el numeral 7.3.2.1 del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Los promedios se reportan como intervalos vencidos, es decir, se calculan considerando los datos medidos entre el primer segundo del intervalo y su punto de corte.

  Por ejemplo, un promedio diario corresponde al período desde las 00:01 hasta las 24:00, equivalente a las 00:00 del día siguiente.

- Cálculo de la desviación estándar: OMeRo calcula la desviación estándar considerando el conjunto de datos como una muestra, lo cual implica el uso del estimador con corrección por grados de libertad (n-1). Es importante tener en cuenta que pueden presentarse diferencias al comparar estos resultados con herramientas como ArcGIS, ya que esta última, por defecto, asume que los datos corresponden a una población completa y aplica el estimador poblacional "n" y no "n-1"

- Política de redondeo: OMeRo aplica una política de redondeo rigurosa basada en el estándar IEEE 754-2019, diseñada para minimizar sesgos sistemáticos. Esta política considera: Redondeo hacia arriba si el dígito a redondear es mayor a 5, Redondeo hacia abajo si es mejor a 5, Si el dígito es exactamente 5, se redondea al número par más cercano (round half to even).

Esta regla evita que, al redondear múltiples valores, se acumulen desviaciones por sesgos sistemáticos.

- Criterios según magnitud de la variable: Para conservar la representatividad de los datos frente a su rango, el redondeo se ajusta a la magnitud de cada variable:

  Valores < 0.1: dos cifras significativas.
  Valores entre 0.1 y 10: dos cifras decimales.
  Valores entre 10 y 100: una cifra decimal.
  Valores > 100: sin cifras decimales.

Para mayor información pueden consular: https://www.slcaconsultores.com/herramientas/omero/omero-air#h.cg0015gqp4tj.

- **MONITOREO AGUAS SUPERFICIAL**

- Los puntos de monitoreo en menores precipitaciones LEN-01, LEN-03, LEN-04, LEN-08, LEN-10, LEN-11, LOT-02, LOT-04, LOT-05, LOT-06, LOT-07, LOT-08, LOT-09, LOT-12, LOT-14, LOT-15, LOT-22, LOT-23, LOT-25, LOT-26, LOT-28, LOT-30, LOT-32, LOT-36, LOT-39, LOT-42, LOT-45, LOT-46, LOT-47, LOT-48, LOT-51 se encontraron secos por lo tanto no se asocian en la tabla ParamFisicoquimSuperTB las muestras M34154, M34155, M34245, M34332, M34335, M34540, M34671, M34963, M35090, M35277, M35278, M35369, M35370, M37726, M37728, M37730, M37731, M37732, M37733, M37734, M37736, M37737, M37738, M37739, M37740, M37741, M37742, M37743, M37744, M37745, M37748.
- El punto de monitoreo en altas precipitaciones LOT-14 se encontró seco por lo tanto no se asocian en la tabla ParamFisicoquimSuperTB la muestra M38583.
- Durante el monitoreo correspondiente a la segunda época climática, no fue posible realizar el muestreo en los puntos LEN-02, LOT-22, LOT-26, LOT-27, LOT-37 y LOT-58 debido a restricciones de acceso en los predios donde se localizan. En el predio Los Linderos únicamente se autorizó el ingreso por un día, lo que impidió completar el muestreo en los puntos LEN-02, LOT-58 y LOT-27. En el predio El Paraíso, donde se encuentra el punto LOT-26, no se permitió el acceso. De igual forma, en el predio Maipore, correspondiente al punto LOT-22, y en el predio denominado Lote, donde está ubicado el punto LOT-37, tampoco se autorizó el ingreso.
- Para algunos puntos de monitoreo en el campo ID_ACT_REL solo se diligencio uno de los puntos de OC relacionados, teniendo en cuenta que un punto puede tener asociado varios ID de Ocupaciones de cauce. Se recomiendo validar en el capítulo CAP_3.2.5_CALIDAD_DEL_AGUA_EIA_BUCARE todos los puntos de Ocupación de Cauce con los que se relaciona cada uno de los monitoreos.
- Lo parámetros presentados en el reporte de laboratorio con respecto a los dominios de la GDB no son exactamente iguales, por lo cual se presenta la relación y aclaración entre los dos:

DOMINIOS GDB	PARAMETROS REPORTE LABORATORIO
Grasas y Aceites en mg/L	Aceites y Grasas
Acidez Total en mg/L CaCO3	Acidez
Alcalinidad Total en mg/L CaCO3	Alcalinidad Total
Aluminio en mg/L	Aluminio en agua

DOMINIOS GDB	PARAMETROS REPORTE LABORATORIO
Arsénico en mg/L	Arsénico en agua
Bario en mg/L	Bario en agua
Berilio en mg/L	Berilio en agua
Bicarbonato en mg/L	Bicarbonatos
Boro en mg/L	Boro en agua
Cadmio en mg/L	Cadmio en agua
Calcio en mg/L	Calcio en agua
Carbonato en mg/L	Carbonatos
Carbono Orgánico Total en mg/L	Carbono Orgánico Total
Cianuro en mg/L	Cianuro Total
Cloruros en mg/L	Cloruros
Cobalto en mg/L	Cobalto en agua
Cobre en mg/L	Cobre en agua
Coliformes Fecales en NMP/100ml	Coliformes Termotolerantes (NMP)
Coliformes Totales en NMP/100ml	Coliformes Totales (NMP)
Color de la descarga en UPC	Color
Conductividad en µS/cm	Conductividad Eléctrica a 25 ºC
BTEX de los compuestos orgánicos volátiles en µg/l	COV's
Cromo en mg/L	Cromo en agua
Demanda Bioquimica de Oxígeno en mg/L	DBO (5 días)
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	Demanda Química de Oxígeno
Dureza Cálcica de la descarga en mg/L	Dureza Cálcica
Dureza Total de la descarga en mg/L	Dureza Total
E. Coli en NMP/100ml	Escherichia Coli (NMP)
Fenoles en mg/L	Fenoles Totales
Fósforo Total en mg/L	Fósforo total
Fosfato en mg/L	Hidrolizable con ácido (Fosfatos)
Hidrocarburos Totales en mg/L	Hidrocarburos
Hierro en mg/L	Hierro en agua
Litio en mg/L	Litio en agua
Magnesio en mg/L	Magnesio en agua
Mercurio en mg/L	Mercurio en agua
Molibdeno en mg/L	Molibdeno en agua
Níquel en mg/L	Níquel en agua
Nitratos en mg/L	Nitrato
Nitritos en mg/L	Nitritos
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	Nitrógeno Amoniacal
Nitrógeno Total (nit. orgánico, nit. amoniacal, nitritos y nitratos) en mg/L	Nitrógeno Total
Oxígeno Disuelto en mg/L	Oxígeno Disuelto
Valor de pH	pH
Plata en mg/L	Plata en agua
Plomo en mg/L	Plomo en agua
Potasio en mg/L	Potasio en agua
Selenio en mg/L	Selenio en agua
Sodio en mg/L	Sodio en agua
Sólidos Disueltos en mg/L	Sólidos Disueltos Totales
Sólidos sedimentables en mg/L	Sólidos Sedimentables
Sólidos suspendidos totales en mg/L	Sólidos Suspendidos Totales
Sólidos Totales en mg/L	Sólidos totales
Sulfatos en mg/L	Sulfato
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	Surfactantes
Temperatura en °C	Temperatura

DOMINIOS GDB	PARAMETROS REPORTE LABORATORIO
Turbidez en NTU	Turbidez
Vanadio en mg/L	Vanadio en agua
Zinc en mg/L	Zinc en agua

Fuente: SGI SAS, 2025

- **MONITOREO HIDROBIOLÓGICOS**

- Los puntos de monitoreo en menores precipitaciones LEN-01, LEN-03, LEN-04, LEN-08, LEN-10, LEN-11, LOT-02, LOT-04, LOT-05, LOT-06, LOT-07, LOT-08, LOT-09, LOT-12, LOT-14, LOT-15, LOT-22, LOT-23, LOT-25, LOT-26, LOT-28, LOT-30, LOT-32, LOT-36, LOT-39, LOT-42, LOT-45, LOT-46, LOT-47, LOT-48, LOT-51 se encontraron secos por lo tanto no se asocian en la tabla MuestreoHidrobioTB.
- El punto de monitoreo en altas precipitaciones LOT-14 se encontró seco por lo tanto no se asocian en la tabla MuestreoHidrobioTB
- Durante el monitoreo correspondiente a la época de altas precipitaciones, no fue posible realizar el muestreo en los puntos LEN-02, LOT-22, LOT-26, LOT-27, LOT-37 y LOT-58 debido a restricciones de acceso en los predios donde se localizan. En el predio Los Linderos únicamente se autorizó el ingreso por un día, lo que impidió completar el muestreo en los puntos LEN-02, LOT-58 y LOT-27. En el predio El Paraíso, donde se encuentra el punto LOT-26, no se permitió el acceso. De igual forma, en el predio Maipore, correspondiente al punto LOT-22, y en el predio denominado Lote, donde está ubicado el punto LOT-37, tampoco se autorizó el ingreso.
- Para la taxonomía de las especies no fue posible en todos los casos llegar hasta el nivel deseado debido al estado morfológico de los individuos, razón por la cual se presentan algunos campos vacíos
- El campo de División no fue diligenciado para las comunidades animales zooplancton, macroinvertebrados, fitoplancton, peces y perifiton.
- El campo de Phyllum no fue diligenciado para macrófitas, perifiton, fitoplancton.
- Para los campos CLASE, ORDEN, FAMILIA, GENERO los espacios en blanco corresponde a taxonomía que por su estadio del desarrollo no se logró su correcta identificación.

- **MONITOREO AGUAS SUBTERRÁNEAS**

- Lo parámetros presentados en el reporte de laboratorio con respecto a los dominios de la GDB no son exactamente iguales, por lo cual se presenta la relación y aclaración entre los dos:

DOMINIOS GDB	PARAMETROS REPORTE LABORATORIO
Grasas y Aceites en mg/L	Aceites y Grasas
Acidez Total en mg/L CaCO3	Acidez
Alcalinidad Total en mg/L CaCO3	Alcalinidad Total
Aluminio en mg/L	Aluminio en agua
Arsénico en mg/L	Arsénico en agua
Bario en mg/L	Bario en agua
Berilio en mg/L	Berilio en agua
Bicarbonato en mg/L	Bicarbonatos
Boro en mg/L	Boro en agua
Cadmio en mg/L	Cadmio en agua
Calcio en mg/L	Calcio en agua
Carbonato en mg/L	Carbonatos
Carbono Orgánico Total en mg/L	Carbono Orgánico Total

DOMINIOS GDB	PARAMETROS REPORTE LABORATORIO
Cianuro en mg/L	Cianuro Total
Cloruros en mg/L	Cloruros
Cobalto en mg/L	Cobalto en agua
Cobre en mg/L	Cobre en agua
Coliformes Fecales en NMP/100ml	Coliformes Termotolerantes (NMP)
Coliformes Totales en NMP/100ml	Coliformes Totales (NMP)
Color de la descarga en UPC	Color
Conductividad en µS/cm	Conductividad Eléctrica a 25 ºC
BTEX de los compuestos orgánicos volátiles en µg/l	COV's
Cromo en mg/L	Cromo en agua
Demanda Bioquimica de Oxígeno en mg/L	DBO (5 días)
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	Demanda Química de Oxígeno
Dureza Cálcica de la descarga en mg/L	Dureza Cálcica
Dureza Total de la descarga en mg/L	Dureza Total
E. Coli en NMP/100ml	Escherichia Coli (NMP)
Fenoles en mg/L	Fenoles Totales
Fósforo Total en mg/L	Fósforo total
Fosfato en mg/L	Hidrolizable con ácido (Fosfatos)
Hidrocarburos Totales en mg/L	Hidrocarburos
Hierro en mg/L	Hierro en agua
Litio en mg/L	Litio en agua
Magnesio en mg/L	Magnesio en agua
Mercurio en mg/L	Mercurio en agua
Molibdeno en mg/L	Molibdeno en agua
Níquel en mg/L	Níquel en agua
Nitratos en mg/L	Nitrato
Nitritos en mg/L	Nitritos
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	Nitrógeno Amoniacal
Nitrógeno Total (nit. orgánico, nit. amoniacal, nitritos y nitratos) en mg/L	Nitrógeno Total
Oxígeno Disuelto en mg/L	Oxígeno Disuelto
Valor de pH	pH
Plata en mg/L	Plata en agua
Plomo en mg/L	Plomo en agua
Potasio en mg/L	Potasio en agua
Selenio en mg/L	Selenio en agua
Sodio en mg/L	Sodio en agua
Sólidos Disueltos en mg/L	Sólidos Disueltos Totales
Sólidos sedimentables en mg/L	Sólidos Sedimentables
Sólidos suspendidos totales en mg/L	Sólidos Suspendidos Totales
Sólidos Totales en mg/L	Sólidos totales
Sulfatos en mg/L	Sulfato
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	Surfactantes
Temperatura en °C	Temperatura
Turbidez en NTU	Turbidez
Vanadio en mg/L	Vanadio en agua
Zinc en mg/L	Zinc en agua

Fuente: SGI SAS, 2025

- **FLORA**

- En la tabla MuestreoFloraResultadoTB, los campos VOL_COM, VOL_TOTAL, BIOM_TOT y CARB_TOT corresponden a valores estimados por hectárea; por lo tanto, no coinciden con

los valores registrados en la tabla MuestreoFloraFustalTB, ya que estos últimos representan los resultados netos obtenidos durante el presente monitoreo

- En el feature PuntoMuestreoFlora el campo NOMBRE corresponde al identificador dado en campo a cada uno de los puntos de monitoreo mientras el campo ID_MUEST corresponde al identificador único del punto de monitoreo.

- **FAUNA**

- Los transectos de monitoreo TR-AVE-096, TR-AVE-098, TR-AVE-151, TR-AVE-160, TR-AVE-162, TR-AVE-164, TR-AVE-174, TR-AVE-215, TR-AVE-216, TR-HER-046, TR-HER-058, TR-HER-059, TR-HER-067, TR-HER-078, TR-HER-086, TR-HER-095, TR-HER-104, TR-HER-106, TR-HER-157, TR-HER-163, TR-HER-170, TR-HER-186, TR-HER-192, TR-HER-239, TR-MAM-023, TR-MAM-032, TR-MAM-037, TR-MAM-039, TR-MAM-041, TR-MAM-043, TR-MAM-045, TR-MAM-048, TR-MAM-049, TR-MAM-051, TR-MAM-067, TR-MAM-077, TR-MAM-079, TR-MAM-083, TR-MAM-091, TR-MAM-095, TR-MAM-097, TR-MAM-099, TR-MAM-100, TR-MAM-101, TR-MAM-103, TR-MAM-105, TR-MAM-107, TR-MAM-109, TR-MAM-111, TR-MAM-113, TR-MAM-125, TR-MAM-127, TR-MAM-128, TR-MAM-131, TR-MAM-139, TR-MAM-145, TR-MAM-147, TR-MAM-160, TR-MAM-169, TR-MAM-171, TR-MAM-175, TR-MAM-179, TR-MAM-180, TR-MAM-183, TR-MAM-184, TR-MAM-185, TR-MAM-186, TR-MAM-187, TR-MAM-188, TR-MAM-192, TR-MAM-193, TR-MAM-194, TR-MAM-195, TR-MAM-197, TR-MAM-198, TR-MAM-199, TR-MAM-200, TR-MAM-201, TR-MAM-202, TR-MAM-203, TR-MAM-204, TR-MAM-205, TR-MAM-206, TR-MAM-207, TR-MAM-208 y TR-MAM-209 no cuentan con registro de especies por lo tanto en la tabla MuestreoFaunaTB aparecen vacías todas las columnas y se hace la nota que no cuentan con registros asociados.
- Los puntos de monitoreo RN-AVE-001, RN-AVE-003, RN-AVE-004, RN-AVE-005, RN-AVE-006, RN-AVE-007, RN-AVE-008, RN-AVE-009, RN-AVE-010, RN-AVE-011, RN-AVE-012, RN-AVE-013, RN-AVE-014, RN-AVE-015, RN-AVE-016, RN-AVE-017, RN-AVE-018, RN-AVE-019, RN-AVE-020, RN-AVE-021, RN-AVE-022, RN-AVE-023, RN-AVE-024, RN-AVE-025, RN-AVE-026, RN-AVE-027, RN-AVE-028, RN-AVE-029, RN-AVE-030, RN-AVE-031, RN-AVE-032, RN-AVE-033, RN-AVE-034, RN-AVE-035, RN-AVE-036, RN-AVE-037, RN-AVE-038, RN-AVE-039, RN-AVE-040, RN-AVE-041, RN-AVE-042, RN-AVE-043, RN-AVE-044, RN-AVE-045, RN-AVE-046, RN-AVE-047, RN-AVE-048, RN-AVE-049, RN-AVE-050, RN-AVE-051, RN-AVE-052, RN-AVE-053, RN-AVE-054, RN-AVE-055, RN-AVE-056, RN-AVE-057, RN-AVE-058, RN-AVE-059, RN-AVE-060, RN-AVE-061, RN-AVE-062, RN-AVE-063, RN-AVE-064, RN-AVE-065, RN-AVE-066, RN-AVE-067, RN-AVE-068, RN-AVE-069, RN-AVE-070, RN-AVE-071, RN-AVE-072, RN-AVE-073, RN-AVE-074, RN-AVE-075, RN-AVE-076, RN-AVE-077, RN-AVE-078, RN-AVE-079, RN-AVE-080, RN-AVE-081, RN-AVE-082, RN-AVE-083, RN-AVE-084, RN-AVE-085, RN-AVE-086, RN-AVE-087, RN-AVE-088, RN-AVE-089, RN-AVE-090, RN-AVE-091, RN-AVE-092, RN-AVE-093, RN-AVE-094, RN-AVE-095, RN-AVE-096, RN-AVE-097, RN-AVE-098, RN-AVE-099, RN-AVE-100, RN-AVE-101, RN-AVE-102, RN-AVE-103, RN-AVE-104, RN-AVE-105, RN-AVE-106, RN-AVE-107, RN-AVE-108, RN-AVE-109, RN-AVE-110, RN-AVE-111, RN-AVE-112, RN-AVE-113, RN-AVE-115, RN-AVE-116, RN-AVE-117, RN-AVE-118, RN-AVE-119, RN-AVE-120, RN-AVE-121, RN-AVE-122, RN-AVE-123, RN-AVE-124, RN-AVE-125, RN-AVE-126, RN-AVE-127, RN-AVE-128, RN-AVE-129, RN-AVE-130, RN-AVE-131, RN-AVE-132, RN-AVE-134, RN-AVE-135, RN-AVE-136, RN-AVE-137, RN-AVE-138, RN-AVE-139, RN-AVE-140, RN-AVE-141, RN-AVE-142, RN-AVE-144, RN-AVE-145, RN-AVE-146, RN-AVE-147, RN-AVE-148,

RN-AVE-149, RN-AVE-150, RN-AVE-151, RN-AVE-152, RN-AVE-153, RN-AVE-154, RN-AVE-155, RN-AVE-156, RN-AVE-157, RN-AVE-158, RN-AVE-159, RN-AVE-160, RN-AVE-161, RN-AVE-162, RN-AVE-163, RN-AVE-164, RN-AVE-165, RN-AVE-166, RN-AVE-167, RN-AVE-168, RN-AVE-169, RN-AVE-170, RN-AVE-171, RN-AVE-172, RN-AVE-173, RN-AVE-174, RN-AVE-175, RN-AVE-176, RN-AVE-177, RN-AVE-178, RN-AVE-179, RN-AVE-183, RN-AVE-184, RN-AVE-185, RN-AVE-186, RN-AVE-187, RN-AVE-189, RN-AVE-190, RN-AVE-191, RN-AVE-192, RN-AVE-194, RN-AVE-196, RN-AVE-198, RN-AVE-199, RN-AVE-200, RN-AVE-201, RN-AVE-202, RN-AVE-203, RN-AVE-204, RN-AVE-205, RN-AVE-206, RN-AVE-207, RN-AVE-208, RN-AVE-209, RN-AVE-210, RN-AVE-211, RN-AVE-212, RN-AVE-213, RN-AVE-214, RN-AVE-215, RN-AVE-216, RN-AVE-217, RN-AVE-218, RN-AVE-219, RN-AVE-220, RN-AVE-221, RN-AVE-222, RN-AVE-223, RN-AVE-224, RN-AVE-225, RN-AVE-226, RN-AVE-227, RN-AVE-228, RN-AVE-229, RN-AVE-230, RN-AVE-231, RN-AVE-232, RN-AVE-233, RN-AVE-234, RN-AVE-235, RN-AVE-237, RN-AVE-238, RN-AVE-239, RN-AVE-240, RN-AVE-241, RN-AVE-242, RN-AVE-243, RN-AVE-244, RN-AVE-245, RN-AVE-246, RN-AVE-247, RN-AVE-248, RN-AVE-249, RN-AVE-250, RN-AVE-251, RN-AVE-252, RN-AVE-253, RN-AVE-254, RN-AVE-255, RN-AVE-256, RN-AVE-257, RN-AVE-258, RN-AVE-259, RN-AVE-260, RN-AVE-261, RN-AVE-262, RN-AVE-263, RN-AVE-264, RN-AVE-265, RN-AVE-266, RN-AVE-267, RN-AVE-268, RN-AVE-269, RN-AVE-270, RN-AVE-271, RN-AVE-272, RN-AVE-273, RN-AVE-274, RN-AVE-275, RN-AVE-276, RN-AVE-277, RN-AVE-278, RN-AVE-279, RN-AVE-280, RN-AVE-281, RN-AVE-282, RN-AVE-283, RN-AVE-284, RN-AVE-285, RN-AVE-286, RN-AVE-287, RN-AVE-288, RN-AVE-289, RN-AVE-290, RN-AVE-291, RN-AVE-292, RN-AVE-293, RN-AVE-294, RN-AVE-295, RN-AVE-296, RN-AVE-297, RN-AVE-298, RN-AVE-299, RN-AVE-300, RN-AVE-301, RN-AVE-302, RN-AVE-303, RN-AVE-304, RN-AVE-305, RN-AVE-306, RN-AVE-307, RN-AVE-308, RN-AVE-309, RN-AVE-310, RN-AVE-311, RN-AVE-312, RN-AVE-313, RN-AVE-314, RN-AVE-315, RN-AVE-316, RN-AVE-317, RN-AVE-318, RN-AVE-319, RN-AVE-320, RN-AVE-321, RN-AVE-322, RN-AVE-323, RN-AVE-324, RN-AVE-325, RN-AVE-326, RN-AVE-327, RN-AVE-328, RN-AVE-329, RN-AVE-330, RN-AVE-331, RN-AVE-332, RN-AVE-333, RN-AVE-334, RN-AVE-335, RN-AVE-336, AU-MAM-14, CT-MAM-01, CT-MAM-05, CT-MAM-08, CT-MAM-12, CT-MAM-21, CT-MAM-23, RN-MAM-005, RN-MAM-007, RN-MAM-010, RN-MAM-011, RN-MAM-013, RN-MAM-017, RN-MAM-019, RN-MAM-021, RN-MAM-029, RN-MAM-031, RN-MAM-033, RN-MAM-034, RN-MAM-035, RN-MAM-036, RN-MAM-037, RN-MAM-039, RN-MAM-041, RN-MAM-042, RN-MAM-049, RN-MAM-051, RN-MAM-052, RN-MAM-053, RN-MAM-055, RN-MAM-057, RN-MAM-058, RN-MAM-059, RN-MAM-060, RN-MAM-061, RN-MAM-062, RN-MAM-063, RN-MAM-064, RN-MAM-065, RN-MAM-066, RN-MAM-067, RN-MAM-068, RN-MAM-069, RN-MAM-070, RN-MAM-071, RN-MAM-073, RN-MAM-075, RN-MAM-076, RN-MAM-077, RN-MAM-080, RN-MAM-082, RN-MAM-083, RN-MAM-084, RN-MAM-085, RN-MAM-087, RN-MAM-089, RN-MAM-095, RN-MAM-097, RN-MAM-099, RN-MAM-101, RN-MAM-107, RN-MAM-109, RN-MAM-112, RN-MAM-115, RN-MAM-116, RN-MAM-117, RN-MAM-118, RN-MAM-119, RN-MAM-120, RN-MAM-121, RN-MAM-123, RN-MAM-124, RN-MAM-125, RN-MAM-126, RN-MAM-128, RN-MAM-129, RN-MAM-130, RN-MAM-132, RN-MAM-133, RN-MAM-135, RN-MAM-137, RN-MAM-139, RN-MAM-140, RN-MAM-143, RN-MAM-145, RN-MAM-147, RN-MAM-149, RN-MAM-152, RN-MAM-153, RN-MAM-155, RN-MAM-156, RN-MAM-157, RN-MAM-159, RN-MAM-161, RN-MAM-163, RN-MAM-165, RN-MAM-166, RN-MAM-167, RN-MAM-168, RN-MAM-169, RN-MAM-171, RN-MAM-173, RN-MAM-175, RN-MAM-176, RN-MAM-177, RN-MAM-179, RN-MAM-180, RN-MAM-181, RN-MAM-182, RN-MAM-183, RN-MAM-184, RN-MAM-185,

RN-MAM-187, RN-MAM-188, RN-MAM-189, RN-MAM-190, RN-MAM-191, RN-MAM-192, RN-MAM-193, RN-MAM-194, RN-MAM-195, RN-MAM-197, RN-MAM-199, RN-MAM-203, RN-MAM-204, RN-MAM-205, RN-MAM-207, RN-MAM-209, RN-MAM-210, RN-MAM-211, RN-MAM-214, RN-MAM-217, RN-MAM-219, RN-MAM-221, RN-MAM-222, RN-MAM-223, RN-MAM-226, RN-MAM-228, RN-MAM-232, RN-MAM-233, RN-MAM-235, RN-MAM-236, RN-MAM-237, RN-MAM-238, RN-MAM-239, RN-MAM-240, RN-MAM-241, RN-MAM-245, RN-MAM-247, RN-MAM-248, RN-MAM-249, RN-MAM-251, RN-MAM-252, RN-MAM-253, RN-MAM-254, RN-MAM-255, RN-MAM-256, RN-MAM-257, RN-MAM-258, RN-MAM-259, RN-MAM-260, RN-MAM-261, RN-MAM-262, RN-MAM-264, RN-MAM-265, RN-MAM-266, RN-MAM-267, RN-MAM-268, RN-MAM-269, RN-MAM-270, RN-MAM-271, RN-MAM-272, RN-MAM-273, RN-MAM-274, RN-MAM-275, RN-MAM-276, RN-MAM-277, RN-MAM-278, RN-MAM-279, RN-MAM-280, RN-MAM-281, RN-MAM-282, RN-MAM-283, RN-MAM-284, RN-MAM-285, RN-MAM-286, RN-MAM-287, RN-MAM-288, RN-MAM-289, RN-MAM-290, RN-MAM-291, RN-MAM-292, RN-MAM-293, RN-MAM-294, RN-MAM-295, RN-MAM-296, RN-MAM-297, RN-MAM-298, RN-MAM-299, RN-MAM-300, RN-MAM-301, RN-MAM-302, RN-MAM-303, RN-MAM-304, RN-MAM-305, RN-MAM-306, RN-MAM-307, RN-MAM-308, RN-MAM-309, RN-MAM-310, RN-MAM-311, RN-MAM-312, RN-MAM-313, RN-MAM-314, RN-MAM-315, RN-MAM-316, RN-MAM-317, RN-MAM-318, RN-MAM-319, RN-MAM-320, RN-MAM-321, RN-MAM-322, RN-MAM-323, RN-MAM-324, RN-MAM-325, RN-MAM-326, RN-MAM-327, RN-MAM-328, RN-MAM-329, RN-MAM-330, RN-MAM-331, RN-MAM-332, RN-MAM-333, RN-MAM-334, RN-MAM-335, RN-MAM-336, TTH-MAM-01, TTH-MAM-02, TTH-MAM-03, TTH-MAM-04, TTS-MAM-01, TTS-MAM-02, TTS-MAM-03, TTS-MAM-04, TTS-MAM-05, TTS-MAM-06, TTS-MAM-07, TTS-MAM-08, TTS-MAM-09, TTS-MAM-10, TTS-MAM-11, TTS-MAM-12, TTS-MAM-13, TTS-MAM-14, TTS-MAM-15, TTS-MAM-16, TTS-MAM-17, TTS-MAM-18, TTS-MAM-19, TTS-MAM-20, TTS-MAM-21, TTS-MAM-22, TTS-MAM-23, TTS-MAM-24, TTS-MAM-25, TTS-MAM-26, TTS-MAM-27, TTS-MAM-28, TTS-MAM-29, TTS-MAM-30, TTS-MAM-31, TTS-MAM-32, TTS-MAM-33, TTS-MAM-34, TTS-MAM-35, TTS-MAM-36, TTS-MAM-37, TTS-MAM-38, TTS-MAM-39 y TTS-MAM-40, no cuentan con registro de especies por lo tanto en la tabla MuestreoFaunaTB aparecen vacías todas las columnas y se hace la nota que no cuentan con registros asociados.

- Los registros asociados a las encuestas en la tabla MuestreoFaunaResultadosTB no se asocian a ninguna cobertura y su abundancia relativa es igual a cero
- Los transectos que cruzan más de una cobertura fueron asociados a la cobertura predominante.

- **VEDA**

- Los puntos de monitoreo AT_02, AT_04, AT_06, AT_07, AT_10, AT_13, DT_03, DT_04, DT_05, DT_06, DT_07, DT_08, DT_09, MT_1, MT_2, MT_3, MT_4, MT_5, TT_1, TT_3, AT_14, AT_16, DT_10, DT_11, DT_12, DT_13, DT_14, DT_15, DT_16, DT_17, DT_18, DT_19, DT_20, DT_21, DT_22, DT_23, DT_24, DT_29, DT_30, DT_34, DT_35, DT_35A, DT_36, DT_37, MT_13, MT_14, MT_15, MT_16, AT_20, AT_20A, AT_22, AT_23, AT_24, AT_25, AT_26, AT_27, AT_28, AT_29, AT_30, AT_31, AT_32, AT_33, AT_34, AT_35, AT_36, AT_37, AT_38, AT_39, DT_38, DT_39, MT_17, MT_18, MT_19, MT_21, MT_22, MT_23, MT_24, MT_25, MT_26, MT_27, MT_28, MT_29, MT_31, MT_32, TT_10, AT_40, AT_41, AT_42, AT_43, AT_44, AT_45, AT_46, AT_47, AT_48, AT_49, AT_50, AT_51, AT_52, AT_53, AT_54, AT_55, AT_56, AT_57, AT_58, DT_55, DT_56, DT_57, DT_58, MT_43, MT_44, MT_45, MT_46, AT_59, AT_60, AT_61, AT_62, AT_63, AT_64, AT_65,

DT_100, DT_68A, DT_69A, DT_70A, DT_71, DT_72, DT_77, DT_78, DT_83, DT_84, DT_85, DT_86, DT_87, DT_89, DT_90, DT_91, DT_92, DT_93, DT_94, DT_95, DT_99, MT_47, MT_48, MT_49, VT_1, VT_10, VT_11, VT_2, VT_3, VT_4, VT_5, VT_6, VT_7, VT_8, VT_9, AT_66, AT_67, AT_68, AT_69, AT_70, AT_71, AT_72, AT_73, AT_74, AT_75A, AT_76, AT_77, AT_78, AT_79, AT_80, AT_81, AT_82, AT_83, AT_84, DT_106, DT_115, DT_116, DT_117, MT_59, VT_20, VT_21, VT_22, VT_24, AT_76A, AT_77A, AT_78A, AT_79A, AT_80A, AT_81A, AT_82A, AT_83A, AT_84A, AT_85, AT_87, AT_88, AT_89, AT_90, AT_91, AT_92, DT_127, DT_128, DT_130, DT_131, DT_132, DT_133, DT_135, DT_136, DT_137, DT_138, DT_139, DT_140, DT_141, DT_142, DT_143, DT_144, DT_145, DT_146, DT_147, DT_149, DT_150, DT_151, DT_152, DT_153, DT_154, VT_19, VT_26, AT_94, AT_95, AT_96, AT_98, AT_99, VT_35, VT_36, VT_37, VT_38, VT_39, VT_40, VT_41, VT_42, VT_45, VT_46, VT_47, VT_48, VT_50, VT_55, VT_56, VT_57, AT_105, AT_106, AT_107, AT_108, AT_109, DT_160, DT_161, DT_162, DT_163, DT_164, DT_165, DT_166, DT_167, DT_168, DT_171, DT_172, DT_173, DT_174, DT_191, DT_193, DT_194, DT_195, DT_196, MT_80, MT_81, MT_82, MT_83, MT_84, MT_85, MT_86, MT_87, MT_88, MT_89, MT_90, MT_91, MT_92, MT_93, MT_94, MT_95, MT_96, VT_58, VT_59, VT_60, VT_61, VT_62, VT_63, VT_64, VT_65, VT_66, VT_67, VT_69, VT_71, VT_74, AT_111, AT_112, AT_115, AT_125, AT_126, AT_127, AV_110, AV_111, DT_202, DT_205, MT_101, MT_102, MT_103, MT_104, MT_121, MT_123, MT_124, VT_75, VT_80, VT_81, VT_82, VT_95, VT_96, AT_128, AT_129, AT_130, AT_131, AT_132, AT_133, AT_134, AT_135, AT_136, AT_137, AT_141, AT_142, AT_143, AT_144, AT_145, DT_228, MH_77, MH_79, MT_125, MT_126, MT_127, MT_128, MT_129, MT_130, MT_132, MT_133, MT_134, MT_135, MT_136, MT_137, MT_138, MT_139, MT_140, MT_141, MT_142, MT_143, MT_144, MT_145, MT_146, MT_147, MT_148, MT_149, VT_101, VT_102, VT_103, VT_106, VT_109, VT_110, VT_111, VT_112, VT_117, VT_118, VT_119, VT_97, AT_148, AT_150, AT_151, AT_152, AT_153, AT_154, AT_155, AT_156, AT_157, AT_158, AT_159, AT_160, AT_161, AT_162, AT_164, AT_165, AT_166, AT_167, AT_168, AT_168A, AT_169, AT_172, AT_173, AT_174, AT_175, DT_242A, DT_243, DT_244, DT_245, DT_246, DT_247, DT_249, DT_250, DT_251, DT_252, DT_253, DT_255, DT_258, DT_259, DT_260, MT_150, MT_151, MT_152, MT_153, MT_154, MT_155, MT_156, MT_157, MT_158, MT_159, VT_121, VT_122, VT_129, VT_130, VT_132, VT_133, VT_134, VT_135, AT_176, DT_272, DT_273, DT_276, DT_277, DT_283, DT_284, DT_285, DT_286, DT_287, DT_288, DT_289, DT_290, DT_291, MT_160, MT_161, MT_162, VT_136, VT_137, VT_139, VT_140, VT_141, VT_143, VT_144, VT_145, VT_146, VT_147, VT_149, VT_150, VT_152, VT_155, VT_157, VT_159, VT_161, VT_162, VT_163, VT_164, VT_166, VT_167, VT_168, VT_169, VT_179, VT_180, VT_181, AT_179, AT_180, AT_181, AT_182, AT_183, AT_184, AT_185, AT_186, AT_187, AT_188, AT_189, AT_190, AT_191, AT_192, DT_294, DT_298, DT_299, DT_300, DT_301, DT_302, DT_303, DT_304, DT_305, DT_306, DT_307, DT_308, DT_309, DT_310, DT_311, DT_312, DT_313, DT_314, DT_316, DT_318, DT_323, DT_327A, DT_328, DT_329, DT_330, DT_331, DT_332, DT_333, DT_334, VT_184, VT_193, VT_194, VT_195, AT_194, AT_195, AT_197, AT_199, DT_335, DT_355, DT_356, DT_357, DT_358, DT_359, DT_360, DT_361, DT_362, DT_363, DT_364, DT_365, DT_366, MH_102, MH_103, MH_104, MH_105, MH_106, MT_166, MT_167, MT_168, MT_170, VT_198, VT_199, VT_200, VT_201, VT_202, VT_203, VT_207, VT_208, VT_211, AT_200, AT_201, AT_204, AT_205, AT_206, AT_207, AT_208, AT_209, AT_210, VT_219, VT_220, VT_221, DT_385, DT_386, DT_387, DT_388, DT_389, VT_223, VT_227, VT_242, AT_222, AT_223, AT_224, AT_227, AT_230, AT_231, AT_233, AT_237, AT_238, AT_242, AT_243, DT_406,

DT_407, DT_408, DT_409, DT_410, DT_411, DT_412, DT_413, DT_414, DT_415, DT_422, MT_193, VT_250, VT_251, VT_252, VT_253, VT_261, VT_265, VT_268, VT_270, AT_252, AT_254, AT_255, AT_256, DT_248, DT_252A, DT_253A, DT_255A, DT_257A, DT_258A, DT_426, MH_131, MT_199, MT_201, MT_202, VT_271, VT_272, VT_273, VT_274, VT_275, VT_277, AT_257, AT_258, AT_260, AT_260A, AT_261, AT_261A, AT_262, DT_438, DT_439, DT_440, DT_441, DT_442, DT_443, DT_444, DT_445, DT_446, DT_447, DT_448, DT_449, DT_450, DT_451, DT_455, DT_456, DT_457, DT_458, DT_459, DT_460, DT_461, DT_462, DT_463, DT_464, DT_465, DT_466, DT_467, DT_468, DT_469, DT_470, DT_471, DT_472, DT_473, DT_474, DT_475, DT_476, DT_477, DT_478, DT_479, DT_480, DT_481, DT_482, DT_483, DT_485, DT_486, DT_487, DT_488, DT_489, DT_490, DT_491, DT_492, DT_493, VT_279, VT_281, VT_282, VT_289, AT_263, AT_264, AT_264A, AT_265, AT_266, DT_494, DT_495, DT_496, DT_497, DT_498, DT_499, DT_500, DT_501, DT_502, DT_504, DT_505, DT_506, DT_506A, DT_507, DT_507A, DT_508, DT_508A, DT_509, DT_509A, DT_510, DT_510A, DT_511, DT_512, DT_513, DT_514, DT_515, DT_516, DT_517, DT_518, DT_519, DT_520, DT_521, DT_522, DT_523, MH_177, MT_206, MT_207, VT_284, VT_287, VT_291, VT_292, VT_293, VT_294, VT_296, VT_297, VT_298, VT_300, VT_301, VT_302, VT_302A, VT_303, VT_304, VT_305, VT_305A, AT_267, AT_268, AT_269, AT_270, AT_271, AT_272, AT_273, AT_274, AT_275, AT_276, AT_277, AT_278, AT_279, AT_280, AT_281, AT_282, AT_283, AT_284, AT_285, AT_287, AT_288, DT_524, DT_525, DT_526, DT_527, DT_528, DT_529, DT_530, DT_531, DT_532, DT_533, DT_534, DT_535, DT_536, DT_537, DT_542A, DT_543, DT_544, DT_545, MT_208, VT_306, VT_308, VT_309, VT_312, VT_313, VT_314, VT_315, VT_316, VT_317, VT_318, VT_319, VT_320, VT_321, VT_322, VT_323, VT_325, VT_326, VT_327, AT_289, AT_290, AT_291, AT_293, DD_316, DT_550, DT_556, DT_557, MT_210, MT_211, VT_328, VT_329, VT_331, VT_334, VT_335, VT_338, VT_341, VT_342, VT_344, VT_347, VT_348, VT_349, VT_350, VT_351, VT_352, VT_353, VT_354, VT_354A, AT_294, AT_296, AT_297, AT_298, AT_299, AT_300, AT_301, AT_302, AT_303, AT_304, AT_305, AT_305_A, DT_566, DT_567, DT_568, DT_569, DT_570, DT_571, DT_572, DT_573, DT_574, DT_575, DT_576, DT_577, DT_578, DT_579, DT_580, DT_581, DT_582, DT_583, DT_584, DT_585, MT_218, MT_219, MT_220, MT_221, MT_222, VT_356, VT_357, VT_357A, VT_358, VT_359, VT_360, VT_361, VT_362, VT_363, VT_364, VT_365, VT_366, VT_367, VT_368, VT_369, VT_370, VT_371, VT_375, VT_378, VT_378A, VT_380, VT_381, VT_382, VT_391, VT_392, VT_394, VT_395, VT_399 no cuentan con registro de especies por lo tanto en la tabla MuestreoVedaTB aparecen vacías todas las columnas y se hace la nota que no cuentan con registros asociados.

- **SUELOS**

- En la tabla MuestreoSueloQuimicasTB el rango de PH y PH se califica solo para algunos registros, los datos faltantes corresponden a las observaciones tipo barreno (ID con letra B), las cuales se emplean para comprobar suelo y en este tipo de observaciones solo se mide textura, color del suelo y no se mide ninguna propiedad química. Por otra parte, en las observaciones tipo Cajuela (ID con letra C) no se miden estos parámetros para los últimos horizontes que se hacen con barreno, solamente se miden en los primeros horizontes que alcanzan una profundidad de 50 cm aproximadamente, de acuerdo con los lineamientos del IGAC.

- **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

- Para el campo USUA_SSEE el numero de usuarios presentados es la cantidad de habitantes presentes en las unidades territoriales menores (Veredas) que se reportaron en el capitulo socioeconomico para el area de influencia acorde con las fichas veredales, por lo tanto en el capitulo de servicios ecosistemicos se tomó este valor como la cantidad de beneficiarios directos o indirectos POSIBLES, para los SSEE.
- En los campos EST_ACTUAL y EST_FUTURO, el area es la misma teniendo en cuenta que la incidencia del proyecto sobre los servicios ecosistemicos y las coberturas que los proveen es mayormente baja, ademas el area de intervencion puntual estimada segun el capitulo 4.6 Aprovechamiento Forestal es apenas de 534,76 ha de las 25.005,03 ha que posee el area de influencia fisicobiotica.

- **PAISAJE**

- Teniendo en cuenta que el campo NOMBRE solo permite 50 caracteres para su diligenciamiento, el nombre completo de la unidad de paisaje se registra en el campo OBSERV

- **EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Teniendo en cuenta la guía de criterios técnicos de la Resolución 1669 de 2017, el modelo de almacenamiento geográfico para el componente de evaluación económica ambiental especifica que para los campos de "EvalEconom_ImpInternalizTB" y "EvalEconom_ImpNoInternalizTB" se deben diligenciar únicamente los impactos significativos conforme al resultado de la jerarquización y selección de impactos establecidos en el componente EEA, que tiene como base la evaluación ambiental. Por ende, no se deben incluir impactos que producto de esta selección no reflejen ser negativos significativos o positivos significativos.

Por lo tanto, en las pestañas "EvalEconom_ImpInternalizTB" y "EvalEconom_ImpNoInternalizTB" solo se podrán identificar aquellos impactos que sean objeto de valoración económica ambiental o análisis de internalización. Mismos que dentro del capítulo de evaluación económica figuran como aquellos impactos que dada su calificación en EA tiene interacciones negativas Criticas, severas o moderadas, lo que lo hace un impacto negativo significativo para la EEA y así mismo tengan interacciones en medio alto y muy alto lo que lo hace un impacto positivo significativo dentro de la EEA.

Los impactos Cambio en la dinámica del empleo (IMP_31) e Incremento o disminución de la oferta de bienes y servicios (IMP_32) tienen correspondencia en la tabla MMA_Impactos_TB. Esto se debe a que, en la matriz de impactos del proyecto, únicamente presentan interacciones positivas.

- **PLAN DE GESTION DEL RIESGO**

- En la capa CentroEscenario se presentan elementos puntuales con coordenadas coincidentes. Esta condición no corresponde a un error topológico, sino que responde a la metodología empleada para la definición de escenarios de riesgo.
  Un mismo equipo o infraestructura puede estar asociado a múltiples escenarios, los cuales comparten la misma ubicación espacial, pero difieren en las condiciones analizadas, como el tipo de rotura o fuga y la sustancia involucrada. Por esta razón, es válido que existan varios registros con la misma localización, ya que cada uno representa un escenario independiente.
  El nombre del escenario se estructura de la siguiente manera: Infraestructura / Número del escenario / Nombre del equipo / Rotura o fuga / Sustancia

En consecuencia, la repetición de coordenadas en esta capa obedece a variaciones en las condiciones del escenario y no a inconsistencias espaciales.

- En la capa TramosEscenario se identifican elementos lineales superpuestos espacialmente. Esta superposición no constituye un error topológico, dado que los tramos representan distintos escenarios asociados a una misma infraestructura lineal.
  Un mismo equipo o infraestructura puede estar asociado a múltiples escenarios, los cuales comparten la misma ubicación espacial, pero difieren en las condiciones analizadas, como el tipo de rotura o fuga y la sustancia involucrada. Por esta razón, es válido que existan varios registros con la misma localización, ya que cada uno representa un escenario independiente.
  El nombre del escenario se estructura de la siguiente manera: Infraestructura / Número del escenario / Nombre del equipo / Rotura o fuga / Sustancia
  En consecuencia, la repetición de coordenadas en esta capa obedece a variaciones en las condiciones del escenario y no a inconsistencias espaciales.
- En la capa ActividadProductiva se identifican incumplimientos de la regla topológica “Must Not Have Gaps”, asociados a la presencia de vacíos dentro de la cobertura poligonal. Estos vacíos no corresponden a errores topológicos, sino que responden a la naturaleza temática de la capa.
  La capa ActividadProductiva representa únicamente los sectores del suelo que presentan algún tipo de actividad productiva, de acuerdo con su clasificación de uso del suelo. En consecuencia, las áreas donde no se desarrolla actividad productiva no son incluidas dentro de esta capa.
- En la capa RiesgoAmbiental_AD, es importante aclarar que pueden aparecer polígonos muy pequeños, lo cual no es un error. Esto se debe a la metodología de análisis de consecuencias que considera niveles de afectación por radiación y llamarada.
  Al cruzar estos radios de afectación con los receptores, se generan a veces polígonos de intersección muy pequeños. No se trata de un problema de escala ni de unidad mínima cartográfica, sino que es una característica propia del análisis SIG de consecuencia.
- Para la capa RiesgoSocioeconomico_AD es importante aclarar que pueden aparecer polígonos muy pequeños, lo cual no es un error. Esto se debe a la metodología de análisis de consecuencias que considera niveles de afectación por radiación y llamarada.
  Al cruzar estos radios de afectación con los receptores, se generan a veces polígonos de intersección muy pequeños. No se trata de un problema de escala ni de unidad mínima cartográfica, sino que es una característica propia del análisis SIG de consecuencia.
  - En las capas RiesgoAmbiental_AD y RiesgoSocioeconomico_AD, en el campo [INDICE_RIESGO], los valores se presentan en notación científica, ya que el Índice de Riesgo se calcula mediante la multiplicación por la frecuencia de falla.
  Esta aclaración se realiza debido a que, en la tabla de atributos, algunos valores pueden interpretarse como “0”; sin embargo, corresponde revisar el campo en notación científica, donde se visualizan los valores reales.

- **OTRA COMPENSACIÓN**
  La tabla EstSueloTB no se diligencia en la presente etapa del estudio debido a que no se cuenta con la caracterización detallada de cada polígono de suelo. En consecuencia, el diligenciamiento de la tabla EstSueloTB se realizará en el marco de los Planes de Manejo Ambiental, etapa en la cual se contará con los insumos técnicos necesarios para definir y caracterizar adecuadamente cada unidad de suelo.

- **DATASET POLITICO_ADMINISTRATIVO**

- Para el feature UnidadTerritorial se tienen las siguientes salvedades con respecto al diligenciamiento de los campos:

CAMPO	JUSTIFICACIÓN
NUM_VIV	La información entregada en la presente GDB, es la recopilada a través de las Fichas veredales
CON_AC	La información consignada en la GDB corresponde a personas y no a viviendas, dado que este dato proviene directamente del SISBÉN, 2024
CON_IPS	
CON_SS	
GAS	
ENERGIA	
RESID_REC	
RESID_CA	
RESID_QEM	
RESID_AGU	
INTERNET	La vereda El Triunfo es la única unidad territorial menor que reporta un punto público de conexión a internet, el cual es facilitado por la escuela. En contraste, las demás veredas (exceptuando La Loma que reporta no tener servicio de internet), acceden al servicio de internet de manera privada, principalmente a través de telefonía celular y, en algunos casos, mediante conexión satelital
NUM_ACT_3	La información suministrada corresponde a las Unidades Económicas identificadas en el Censo de Dependencia Económica realizado en el Área de Influencia del proyecto, y no a predios individuales.
ASPEC_CULT	El patrimonio cultural inmaterial del área de influencia se fundamenta en prácticas heredadas vinculadas a la vida rural llanera, expresadas en celebraciones religiosas y cívicas, tradiciones familiares, gastronomía y oficios locales. Las festividades nacionales —marcadas por el calendario colombiano y la Ley Emiliani— estructuran gran parte de la vida comunitaria, impulsan el turismo interno y dinamizan el comercio durante los puentes festivos. A nivel local predominan celebraciones como Semana Santa, fiestas navideñas, día de la madre, del niño y amor y amistad. La única manifestación cultural propia del territorio identificada es el Festival del Búfalo en la vereda Dinamarca, que destaca el trabajo llanero mediante actividades como coleo, desfiles de búfalos, cabalgatas y muestras agropecuarias. Más allá de esta festividad, no se registran expresiones folclóricas locales consolidadas. La gastronomía llanera constituye un eje de cohesión social, con platos como mamona, chigüiro, tamales, hayacas y preparaciones derivadas de la ganadería (quesos, yogures y otros lácteos), que mantienen vivos los saberes tradicionales. Las bases del sistema sociocultural se sustentan en la vida comunitaria rural, la economía agropecuaria, la transmisión oral y las prácticas cotidianas vinculadas al uso del territorio. Sin embargo, el área experimenta factores exógenos que influyen en la transformación cultural, entre ellos: la industrialización agropecuaria, el crecimiento del sector hidrocarburos, las migraciones recientes, la movilidad laboral, la expansión de proyectos de vivienda recreativa, el turismo emergente y los cambios en el uso del suelo. Estos procesos pueden modificar las dinámicas comunitarias, la cohesión social y la continuidad de las prácticas tradicionales. En conjunto, el área de influencia presenta un patrimonio cultural vivo basado en celebraciones nacionales, prácticas religiosas y gastronómicas, con expresiones locales limitadas y una creciente presión de factores externos que pueden acelerar procesos de cambio cultural.
INST_PART	No se tiene información específica para cada una de las veredas del área de influencia, sin embargo, se identifican las mismas instancias que a nivel municipal:

	Concejo Municipal de Política Social - Compos Concejo Municipal de Juventud Concejo de Cultura Concejo Territorial de Planeación Concejo Territorial de Seguridad Social en Salud Comité de Participación Comunitaria en Salud - Copaco Asociaciones de Usuarios EAPB e IPS Comité de Vigilancia Epidemiológica Comunitaria

Fuente: SGI SAS, 2025

- En el feature Asentamiento para los campos NUM_ACT_1, NUM_ACT_2 y NUM_ACT_ 3, la información suministrada corresponde a las Unidades Económicas identificadas en el Censo de Dependencia Económica realizado en el Área de Influencia del proyecto, y no a predios individuales.

1.5.2 Metodología para el componente civil

Para el desarrollo del capítulo 2, se realiza una descripción detallada del proyecto, señalando su localización, diseño y características técnicas, especificando entre otras, la duración del proyecto y el cronograma estimado para el desarrollo de sus actividades, las particularidades de cada una de sus fases, la infraestructura existente, los insumos que requiere, el manejo y forma de disposición de los residuos peligrosos y no peligrosos así como de los materiales que genere, los costos estimados y la estructura organizacional planteada para su ejecución. Esta metodología se realiza en tres (3) fases identificadas de la siguiente manera:

- ✓ Actividades Pre-campo: Se realiza la recopilación de la información secundaria Existente por parte de Ecopetrol S.A, y se realiza la revisión de información por parte de las entidades del estado, autoridades ambientales nacionales y regionales. Con la información recopilada, se planean el área de influencias preliminar, los recorridos y toma de información que se realiza en la fase de las actividades de Campo.

- ✓ Actividades de Campo: Se realizan los recorridos en la zona de trabajo que corresponde al área de influencia preliminar, donde se identifica la infraestructura existente dando enfoque en la infraestructura vial, petrolera, eléctrica y de servicios públicos. Se toma la información a través de tracks y waypoints de gps con su respectivo registro fotográfico, además de realizar una inspección visual de la infraestructura identificada donde se toman las principales dimensiones y especificaciones generales.

- ✓ Actividades Post-campo: Se realiza la validación, depuración y organización de la información recolectada en campo, se genera nueva Cartografía con la infraestructura identificada en campo y se Genera el capítulo de la descripción del proyecto con esta información recolectada y la información técnica suministrada por Ecopetrol S.A.

A continuación, se realiza una descripción de cada fase identificada para la ejecución del proyecto.

1.5.2.1 Actividades Pre-campo

Corresponde a la identificación de información secundaria recolectada y cartografía base de las principales entidades nacionales, departamentales y municipales.

Para la identificación de la infraestructura vial, se toman los lineamientos del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) donde se estipula la siguiente clasificación de las vías de acuerdo con sus características (Ver **Tabla 1-9** y **Tabla 1-10**):

Tabla 1-9 Clasificacion de vías Según su funcionalidad - INVIAS

FUNCIONALIDAD	DESCRIPCIÓN
PRIMER ORDEN O PRIMARIAS	*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 éste con los demás países. Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto. Las carreteras consideradas como Primarias deben funcionar pavimentadas.*
SEGUNDO ORDEN O SECUNDARIAS	*Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.*
TERCER ORDEN O TERCIARIAS	*Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias.*

Fuente: Numeral 1.2 denominado Clasificación De Las Carreteras, contenido en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del 2008, adoptado como Norma Técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional mediante la Resolución número 0744 del 4 de marzo del 2009, adaptado por S.G.I S.A.S, 2025.

Tabla 1-10 Clasificacion de vías Según sus Especificaciones - IGAC

TIPOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES
TIPO 1	*Revestimiento duro, carretera pavimentada*	*Mayor a 5,0 m de ancho*
TIPO 2	*Revestimiento suelto o ligero, carretera no pavimentada.*	*Mayor a 5,0 m de ancho*
TIPO 3	*Revestimiento duro, carretera pavimentada*	*Entre 2,5 y menor de 5,0 m de ancho*
TIPO 4	*Revestimiento suelto o ligero, carretera no pavimentada.*	*Entre 2,5 y menor de 5,0 m de ancho*
TIPO 5	*Pavimento con placa huella con volumen de tránsito bajo*	*Entre 2,5 y menor de 5,0 m de ancho*
TIPO 6	*Vía natural, sin revestimiento.*	*Entre 2,5 y menor de 5,0 m de ancho*
TIPO 7	*Camino o sendero. Pueden ser naturales o construidos, se pueden encontrar con revestimiento o sin él.*	*Sin ancho establecido.*
TIPO 8	*Peatonal se pueden encontrar con revestimiento o sin él.*	*Sin ancho establecido.*

Fuente: Catálogo de Objetos Geográficos, Cartografía Básica De Colombia del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), adaptado por S.G.I S.A.S, 2025.

A continuación, en la **Figura 1-15**, se identifica la vía Nacional Ruta 6509 sector Ye de Granada – Paso por el Puente sobre el río Ocoa, administrada por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). Vía que comunica a los municipios de Guamal con Acacias y que hace parte como la vía principal de acceso al Área de Desarrollo Bucare.

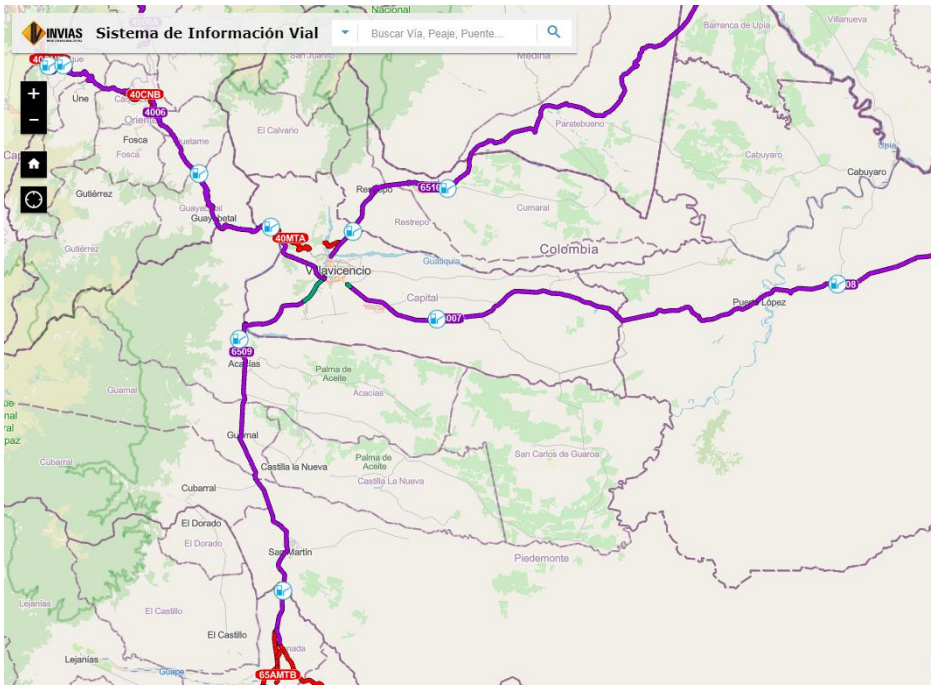


Figura 1-15 Identificación de Vías Nacionales en la región
Fuente: Sistema de información vial INVIAS, adaptado por S.G.I S.A.S, 2025.

Para las vías de acceso existentes que permiten el ingreso a diferentes zonas del Área de Desarrollo de Bucare, se toma información proveniente de proyectos Aledaños como son el proyecto Área de Desarrollo Cubarral y 50K ubicados al occidente del polígono a licenciar y que actualmente es operado por ECOPETROL S.A. Además, se incluye una red de vías existentes tomadas de imágenes satelitales de tramos que ingresan al polígono Bucare y que se identifican de manera preliminar con las siglas V (Vía) B (Bucare) # (Número Consecutivo).

A continuación, en la **Figura 1-16** se identifica la red de vías existentes que podrán ser usadas como accesos para el proyecto

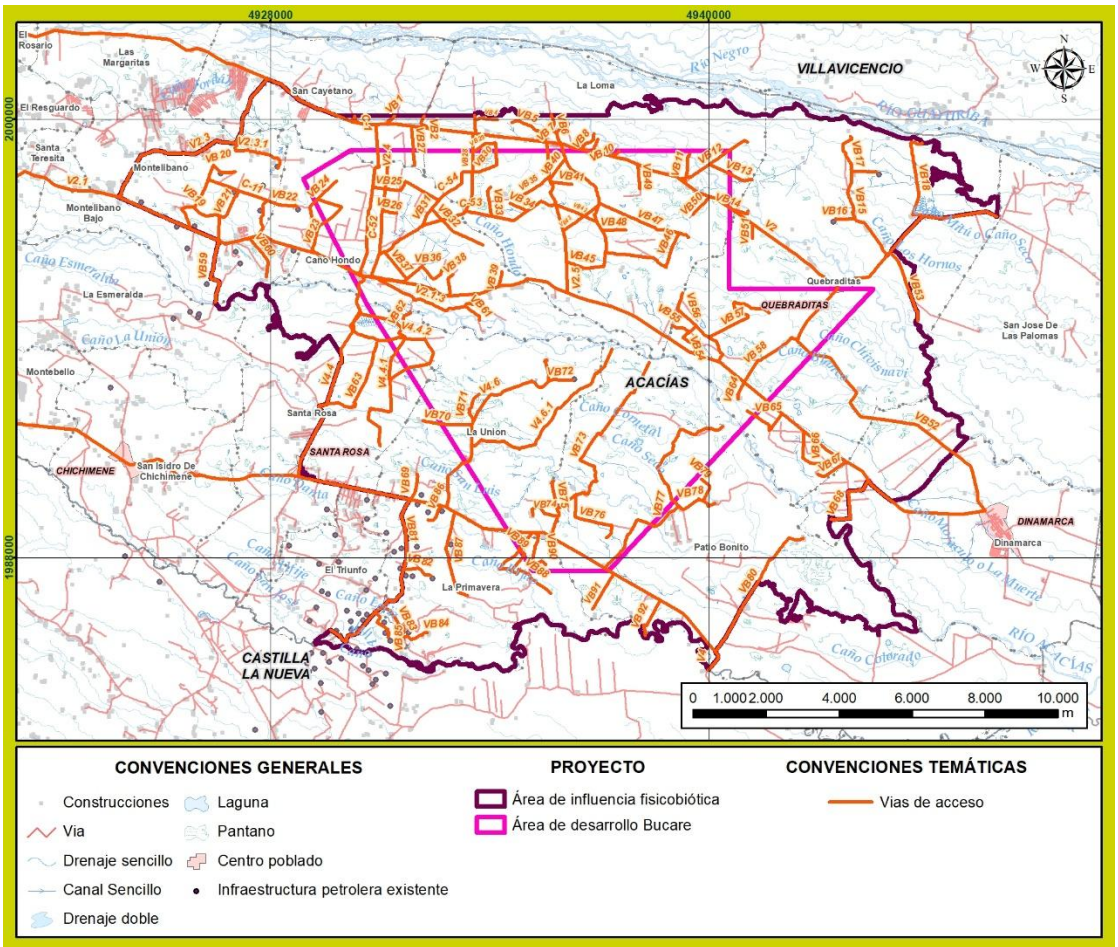


Figura 1-16 Identificación de Vías de Acceso para el Proyecto
Fuente: Información Geográfica del Bloque Cubarral y cartografía Base Ecopetrol S.A, adaptado por SGI 2025

Para realizar el Aforo Vehicular, se identificaron las principales vías que permiten el acceso al Área de Desarrollo Bucare y sectores de interés dentro de cada campo, donde se ubicaron tres (3) puntos de aforo, en los cuales se llevó a cabo el conteo vehicular por dos días (un día hábil y un día no hábil) en jornadas de 24 horas continuas.

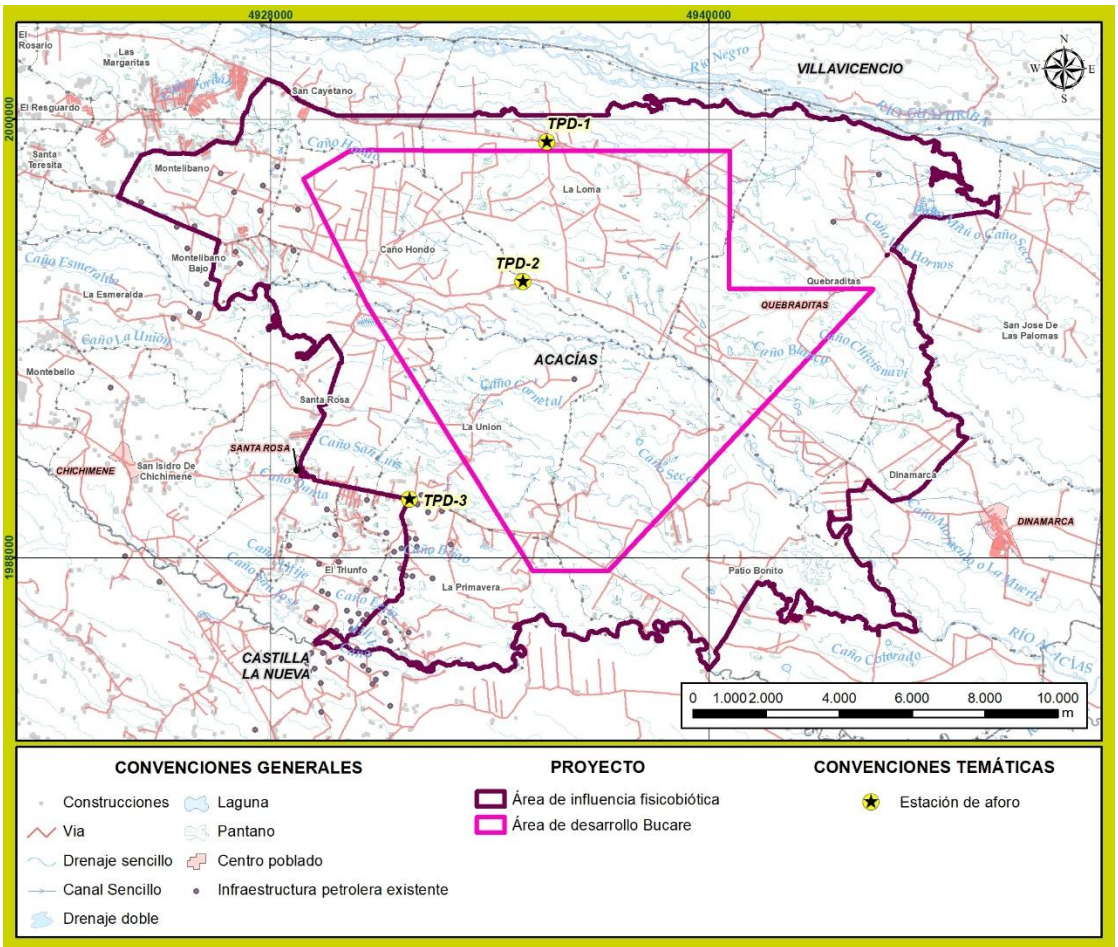


Figura 1-17 Estaciones de aforo para el estudio TPD
Fuente: Información Geográfica del Bloque Cubarral y cartografía Base Ecopetrol S.A, adaptado por SGI 2025

Para la infraestructura petrolera e infraestructura eléctrica, se recopila las resoluciones de las aprobaciones que existen en el campo a través de estudios de Planes de Manejo Ambiental con la autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y la Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (CORMACARENA). A continuación, en la **Tabla 1-11**, se relacionan las principales resoluciones con aprobaciones en temas de infraestructura tomando como base, la resolución 0331 del 15 de mayo de 2012:

Tabla 1-11 Principales Resoluciones aplicables al Área de Desarrollo Bucare

RESOLUCIÓN	CONTENIDO
0331 de 2012	*Licencia Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria CPO9*
0466 de 2012	*Recurso de reposición contra la resolución 0331 de 2012*
0514 de 2012	*Recurso de reposición contra la resolución 0331 de 2012*
00416 de 2017	*Imposición de medidas ambientales adicionales*
00851 de 2018	*Recurso de reposición contra la resolución 416 de 2017*
01446 de 2018	*Modificación de la licencia ambiental de la resolución 331 de 2012*

Fuente: Resoluciones ANLA aplicables en el Área de Desarrollo Bucare, adaptado por S.G.I S.A.S, 2025.

Además, se realiza la revisión y consolidado de la infraestructura reportada a través de los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) de áreas de exploración o explotación aledañas como son los reportados del 50K, Cubarral para el CPO-9 y Bloque Apiay que por área de influencia será necesario identificarse e incluir en el presente estudio por superposición de proyectos. Con esta información se identifica de manera preliminar las principales áreas actualmente intervenidas como son Estaciones, Clúster, ZODMES, líneas de flujo y líneas eléctricas.

De manera preliminar se tiene que existe una línea eléctrica y tres líneas de flujo que cruzan por el polígono establecido para el proyecto Bucare y que corresponde a infraestructura del Bloque Cubarral como se identifica a continuación en la **Figura 1-18.**

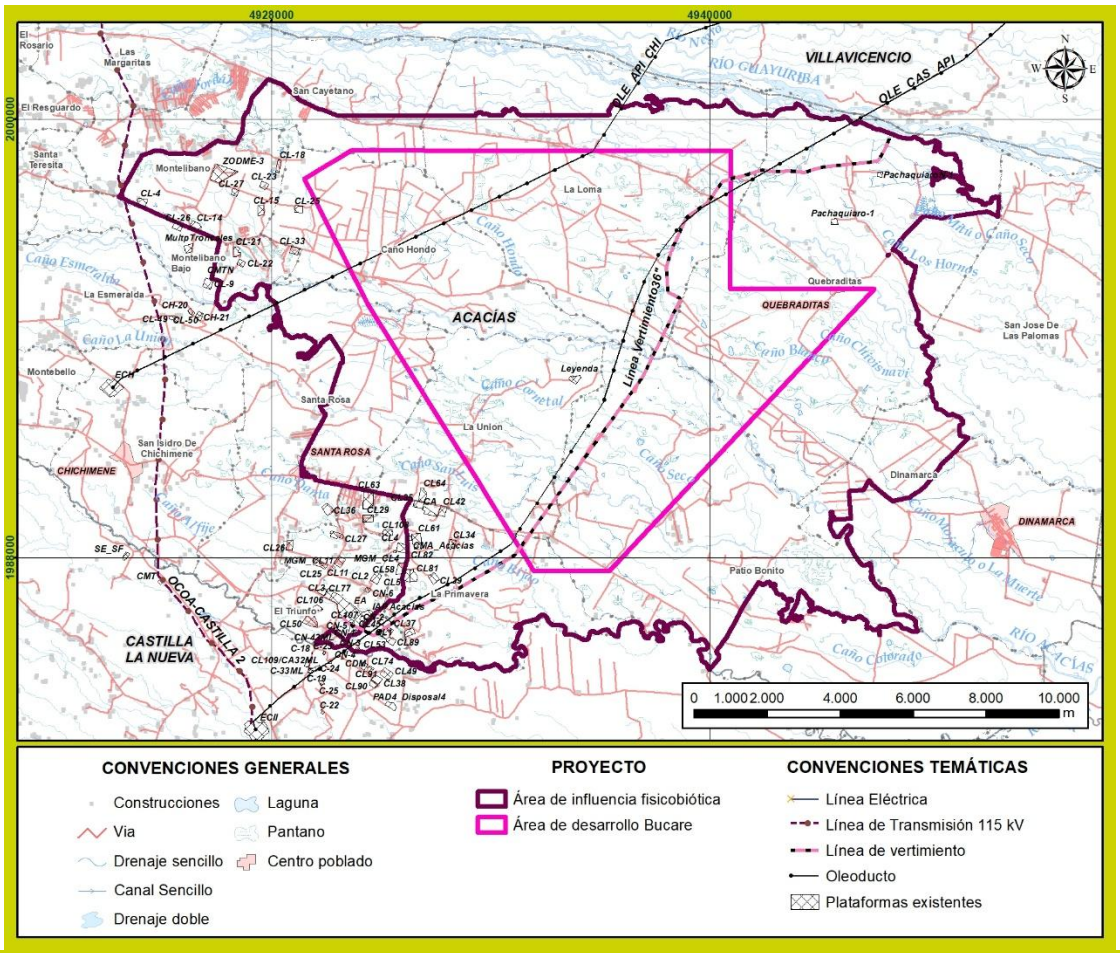


Figura 1-18 Infraestructura lineal Petrolera y Electrica en la región
Fuente: Información Geográfica del Bloque Cubarral y cartografía Base Ecopetrol S.A, adaptado por SGI 2025

Para la identificación de fuentes de materiales se consulta de manera preliminar el geoportal de la Agencia Nacional de Minería donde se identifican los principales títulos vigentes para explotación y comercialización de materiales de construcción con el fin de planear visitas a las fuentes más cercanas al proyecto. En la **Tabla 1-12** y en la **Figura 1-19** se identifican las principales fuentes de materiales ubicadas sobre las márgenes de los Ríos Guayuriba, Río acacias y Río Guamal, sectores cercanos al Campo Cubarral.

Tabla 1-12 Fuentes de materiales identificadas en la region

NOMBRE	NOMENCLATURA	LICENCIA AMBIENTAL
GRAVICON S.A	*FM1*	*Res 2.6.05.1039 noviembre de 2007*
GRAVICON S.A. CUNCIA	*FM2*	*Res 2.06.04.166 mayo 2004*
GUAYURIBA	*FM3*	*Por confirmar*
LAS MERCEDES	*FM4*	*Res 1.3.15.03066 abril de 2003*
MINA MURILLOS - RIO OCOA	*FM5*	*Resolución No. 2.6.04-647 del 5 de agosto de 2005.*
MINA RIO GUAMAL	*FM6*	*PM-GJ.1.2.6.10.0183*
TRITURADOS Y TRITURADOS	*FM7*	*Por confirmar*
OTRANSPEL LTDA	*FM8*	*Por confirmar*
GRAVICOL S.A.	*FM9*	*GJ 1.2.6.09 2779*
TRITURADORA TRIARCOL LTDA	*FM10*	*SFOM 1010122086*
CEMEX VILLAVICENCIO	*FM11*	*Por confirmar*
ARGOS VILLAVICENCIO	*FM12*	*Por confirmar*

Fuente: Agencia Nacional de Minería, adaptado por S.G.I S.A.S, 2025.

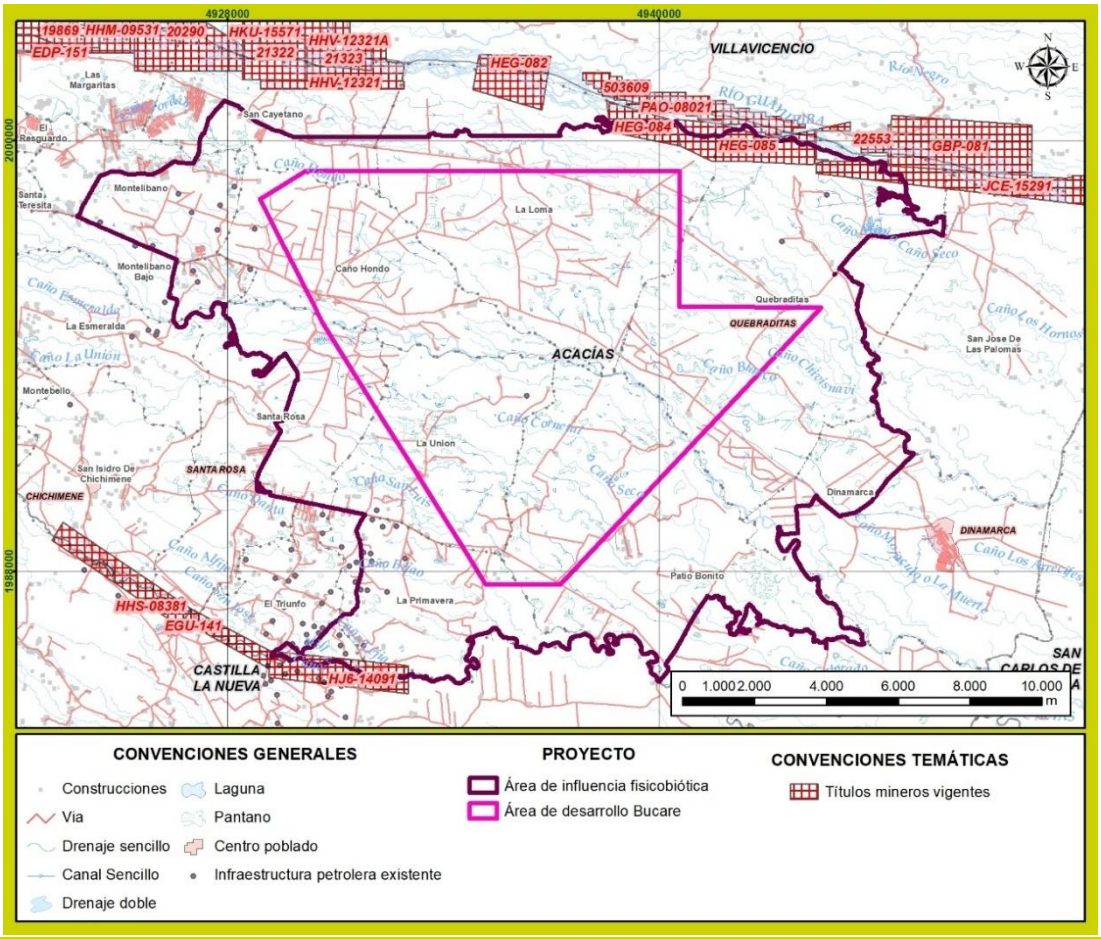


Figura 1-19 Identificación de fuentes de materiales de la región
Fuente: Agencia Nacional de Minería, adaptado por S.G.I S.A.S, 2025.

1.5.2.2 Actividades de Campo

Se realizan los recorridos por la infraestructura vial, petrolera, eléctrica y de servicios públicos identificados, verificando y registrando el inventario preliminar y registrando nueva infraestructura.

Esta información se recopilará en el formato de registro de campo (Ver **Figura 1-20**) donde se incluye el punto georreferenciado del GPS con sus respectivas coordenadas en Origen Nacional, su respectiva descripción de las especificaciones generales, ubicación estado, dimensiones y observaciones donde aplique.

S.G.I.SAS Consultoría e Ingeniería		SERVICIOS GEOLOGICOS INTEGRADOS S.G.I S.A.S					ecopetrol
		FORMATO					
		REGISTRO DIARIO DE CAMPO					
PROYECTO:		ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENAL BLOQUE BUCARE		PROFESIONAL:			
FECHA DE RECORRIDO:				ESTADO DEL TIEMPO			
No.	PUNTO GPS	DESCRIPCION DEL PUNTO	ÁREA / SITIO / VEREDA / MUNICIPIO	REGISTRO FOTOGRÁFICO	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		OBSERVACIÓN
					ESTE	NORTE	
1							
2							
3							

Figura 1-20 Formato de toma de información en campo
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

Para las vías de acceso se enfocará el registro en el tipo de vía, ancho de calzada, tipo de material en la capa de rodadura, registro de estructuras de drenaje como son alcantarillas, box Culvert, y de paso como son pontones y puentes. (Ver **Fotografía 1-8**)

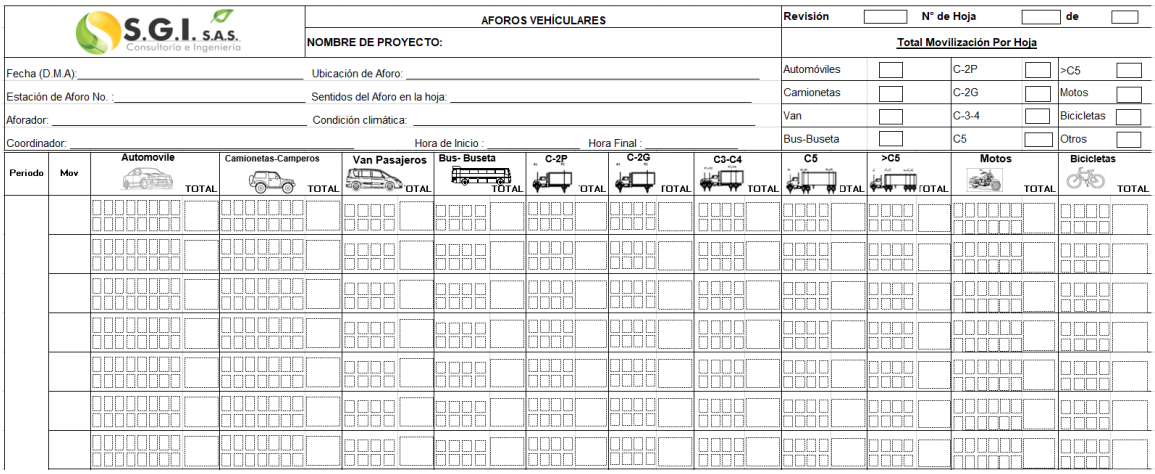


Fotografía 1-8 Toma de información en Campo
Fuente: S.G.I. S.A.S, 2025.

Para la infraestructura petrolera se registrará las principales áreas de intervención existentes y proyectadas identificando la tipología del terreno, instalaciones operativas, estado actual, se identifican las líneas de flujo a través de los tramos superficiales, o de postes de señalización en los tramos enterrados, se verifican los cruces con cuerpos de agua donde se requiera actualizar las ocupaciones de cauce existentes y proyectadas.

Para las líneas eléctricas se registran las principales estructuras tipo torres, postes para redes de alta y media tensión, en cruces con otra infraestructura o en casos especiales que se puedan identificar durante los recorridos.

Durante los aforos vehicular, en cada estación se tomará el registro del flujo de vehículos que circulan en los dos sentidos durante un periodo continuo de 24 Horas, por dos días consecutivos (1 día hábil y 1 día no hábil). El conteo se realizará en intervalos cada 15 min utilizando el siguiente formato.



AFOROS VEHÍCULARES

NOMBRE DE PROYECTO:

Revisión ____ N° de Hoja ____ de ____

Total Movilización Por Hoja

Automóviles		C-2P		>C5		
Camionetas		C-2G		Motos		
Van		C-3-4		Bicicletas		
Bus-Buseta		C5		Otros		

Fecha (D.M.A): _____ Ubicación de Aforo: _____

Estación de Aforo No. : _____ Sentidos del Aforo en la hoja: _____

Aforador: _____ Condición climática: _____

Coordinador: _____ Hora de Inicio : _____ Hora Final : _____

Periodo	Mov	Automovile TOTAL	Camionetas-Camperos TOTAL	Van Pasajeros TOTAL	Bus- Buseta TOTAL	C-2P TOTAL	C-2G TOTAL	C3-C4 TOTAL	C5 TOTAL	>C5 TOTAL	Motos TOTAL	Bicicletas TOTAL

Figura 1-21 Formato para la toma de información en aforo Vehicular
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

Los equipos y herramientas para utilizar en las actividades de campo corresponden a:

- ✓ GPS Garmin
- ✓ Flexómetros
- ✓ Cámara fotográfica y cámara antiexplosivos
- ✓ Formatos y cartografía base

1.5.2.3 Actividades Post-campo

Para las actividades Post-campo, se consolida y se relaciona la información secundaria con la información primaria recolectada en campo, se establece cartografía con capas lineales, polígonos e infraestructura puntual, donde se genera la GDB de acuerdo con los requerimientos solicitados por la autoridad Ambiental. De acuerdo con el diccionario de datos geográficos ANLA, la información sobre la infraestructura identificada se relaciona en la capa “Proyecto” donde se tienen en cuenta las tablas: Abscisas, InfraProyectoPG, InfraProyectoLN, InfraProyectoPT.

Para la tabla Abscisas: se Plasma la localización de las abscisas viales y líneas de flujo identificadas donde por lo menos se tendrá en cuenta la abscisa inicial y final de cada tramo. Esta información permitirá complementar la localización de cada trazado para incluir como parte de descripción del proyecto del capítulo 3 dentro de las fichas viales.

Para la tabla InfraProyectoPG: se identifican los polígonos de la infraestructura existente como son plataformas, plantas, bodegas, áreas sociales, etc. Asignándoles un identificador único. Además de incluir las áreas proyectadas donde se realizarán intervenciones por el proyecto a ejecutar. Dicha información tendrá el área o sus dimensiones en hectáreas (ha) con sus respectivas especificaciones.

Para la tabla InfraProyectoLN: Corresponde a la identificación de toda infraestructura líneas, como son vías de acuerdo a sus categorías y especificaciones, líneas de flujo que pueden ser de acueductos o del sector hidrocarburos, trazados de Líneas eléctricas, donde se les asigna un identificador único y se plasma las longitudes identificadas para cada tramo con sus respectivas especificaciones.

Para la tabla InfraProyectoPT: Para la cartografía de la infraestructura puntual, se realiza una compilación y depuración de la información recolectada en campo donde se verifica la localización de estructuras como alcantarillas, puentes, pozos, torres, viviendas etc, asignando para cada infraestructura un identificador único y asignando la respectiva información técnica, Conforme con lo solicitado por la GDB de la autoridad ambiental para dicha capa.

Para el documento del capítulo 2 - Descripción del proyecto: se realiza la revisión y depuración del registro fotográfico tomado en campo, se georreferencia para la obtención de coordenadas en el sistema COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL y se organiza la descripción de la información registrada para generar el documento con la infraestructura existente y la infraestructura a construir por el proyecto. Esta información se complementa según los términos de referencia HI-TER-1-03 para proyectos de Explotación de Hidrocarburos, además con la información técnica de las estrategias de desarrollo y alcances técnicos suministrados por la compañía Ecopetrol S.A.

Se genera como documento Anexo, el informe del estudio de Tránsito Promedio Diario con los aforos tomados en las estaciones establecidas.
Se apoya en la información de las ocupaciones de cauce con la ubicación y descripción visual de los cruces identificados en campo.

Para el Capítulo 7: Se generan las fichas de acuerdo con las actividades identificadas, teniendo en cuenta los lineamientos de la autoridad ambiental para todo el medio Abiótico. Finalmente se Genera la GDB con la información anteriormente mencionada y los anexos correspondientes del estudio donde se valida la información descrita en el capítulo.

Para el Capítulo 10: Se elabora el plan de desmantelamiento y abandono donde se incluyen los lineamientos y condiciones necesarias para las actividades a ejecutar una vez finalice la vida útil del proyecto, realizando trabajos que permitan restaurar las áreas afectadas, quedando en condiciones similares o mejores a las que se identificaron antes de dichas intervenciones.

Para las actividades Post-campo se utilizan los siguientes Software para el procesamiento de la información:

- CivilCad 3d
- Arcgis y/o Qgis
- Geosetter
- Paquete Office

1.5.3 Medio abiótico

1.5.3.1.1 Geología

El componente geológico del área de influencia se caracterizó siguiendo una metodología basada en tres etapas, las cuales son: etapa preliminar, etapa de campo y etapa de análisis y resultados.

La etapa preliminar está compuesta de todas las actividades relacionadas a recopilación y análisis de información secundaria, que permita elaborar una caracterización geológica inicial. Dichas actividades consisten en la revisión exhaustiva de informes desarrollados por entidades gubernamentales de libre acceso como lo son el Servicio Geológico Colombiano, así como aquellos estudios desarrollados por operadoras petroleras en años anteriores. También, se utilizaron las herramientas de sistemas de información geográfica tales como DEM y Ortofotomosaico. Además, es importante mencionar que se desarrolló una etapa de scouting del 10 al 20 de diciembre de 2024.

La segunda etapa consiste la revisión en campo, la cual se realizó del 27 de marzo y el 10 de abril de 2025. Las actividades de caracterización geológica permitieron recopilar información primaria necesaria para caracterizar el componente geológico acorde con los Términos de Referencia de la ANLA HI-TER-1-03 y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (ANLA, 2018).

Por último, en la etapa de análisis y resultados se consolida y presenta la versión final de unidades litológicas y estructurales, descritas en el informe de caracterización del componente de geología cumpliendo con todas las directrices de términos de referencia antes mencionados. Además, se consolidan las capas vectoriales cartográficas que representan la geología final en la GDB y los anexos referentes a monitoreos de unidades geológicas en campo.

A continuación, se presenta en detalle cada una de las etapas metodológicas que se desarrollan en el estudio:

- **Etapa preliminar**

Durante esta primera etapa metodológica, se llevó a cabo la revisión de la información secundaria disponible del área de estudio, tanto de carácter regional como local. Esta información incluye informes, diagnósticos y estudios ambientales, desarrollados tanto por entidades del Estado como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), antes llamado INGEOMINAS, como por operadoras petroleras de la zona como la compañía ECOPETROL. De esta manera, se define esta información en la **Tabla 1-13** como el punto de partida para el desarrollo del presente estudio.

Tabla 1-13 Información secundaria recopilada

NOMBRE	ESCALA	ENTIDAD	AÑO
Lineamientos			
Términos de referencia para la elaboración de estudios de impacto ambiental para proyectos de explotación de hidrocarburos HI-TER-1-03.		MADS – ANLA	2010
Metodología General para la Elaboración y Presentación de estudios Ambientales.		MADS – ANLA	2018
Cartografía			
Atlas Geológico de Colombia 2015, Plancha 5-	1:500.000	Servicio Geológico Colombiano	2015

NOMBRE	ESCALA	ENTIDAD	AÑO
15. Escala 1:500.000 (Servicio Geológico Colombiano)			
Geología del Departamento del Meta. Escala 1:500.000, INGEOMINAS (2001)	1:500.000	INGEOMINAS	2001
Cartografía Geológica de la Plancha 266 – Villavicencio Escala 1:100.000	1:100.000	Servicio Geológico Colombiano	2014
Cartografía Geológica de la Plancha 267 - -Pachaquiaro Escala 1:100.000	1:100.000	Servicio Geológico Colombiano	2010
Cartografía Geológica de la Plancha 285 – San Martín Escala 1:100.000	1:100.000	Servicio Geológico Colombiano	2015
Cartografía Geológica de la Plancha 286 – San Carlos de Guaroa Escala 1:100.000	1:100.000	Servicio Geológico Colombiano	2010
Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno de 475 años, Escala 1:1.500.000.	1:1'500.000	Universidad Nacional de Colombia	2010
Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, , Escala 1:500.000; INGEOMINAS – IDEAM, (2010)	1:500.000	INGEOMINAS – IDEAM	2010
Memorias técnicas			
Memoria Explicativa Geología de la Plancha 266 Villavicencio	1:100.000	Servicio Geológico Colombiano	2001
Integración de la Cartografía Geológica de los Llanos Orientales: Departamento del Meta y Sector Suroccidental del Departamento de Casanare Planchas 248, 249, 250, 251, 252, 267, 268, 269, 270 y 271.	1:100.000	Servicio Geológico Colombiano	2010
Memoria Explicativa Geología de la Plancha 285 – San Martin	1:100.000	Servicio Geológico Colombiano	2015
Cartografía Geológica de la Zona Centro y Sur del Departamento del Meta Planchas 286, 287, 288, 289, 290, 307, 308.	1:100.000	Servicio Geológico Colombiano	2010
Memoria explicativa, Mapa geológico del departamento del Meta	1:500.000	INGEOMINAS	2001
Estudios Ambientales			
EIA Área de Perforación Exploratoria Zocay	1:25.000	ECOPETROL	2013
EIA para la Modificación De la Licencia Ambiental Para el APE CPO-9	1:25.000	ECOPETROL	2012
EIA para La Modificación del PMA Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene	1:25.000	ECOPETROL	2022

NOMBRE	ESCALA	ENTIDAD	AÑO
EIA Campo de Producción 50k CPO-09	1:25.000	ECOPETROL SA	2012
EIA Área de Perforación Exploratoria CPO 10 Norte	1:25.000	ECOPETROL,SA	2014
EIA Área de Perforación Exploratoria Llanos 37	1:25.000	ECOPETRO,SAL	2011
Modelo Hidrogeológico Matemático de la Actividad de Inyección de Agua para Mantenimiento de Presión. Campo Castilla		ECOPETROL,SA	2020
POMCA del Río Acacías - Pajure	1:25.000	CORMACARENA	2012
POMCA del Río Guayuriba	1:25.000	CORMACARENA	2018

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

Asimismo, se emplearon recursos cartográficos para el análisis geológico y estructural preliminar, mediante el análisis de imágenes de sensores remotos, incluyendo una ortofotografía de 2023 y un modelo digital del terreno con una resolución espacial de 5 m. Estos insumos se presentan en la **Tabla 1-14**.

Tabla 1-14 Insumos cartográficos empleados.

NOMBRE	RESOLUCION	OBSERVACIÓN	FECHA
Imagen Satelital			
Earth Scanner – JL-1KF01. (Azul, Verde, Rojo, y NIR)	0,5 m	**4 bandas espectrales**	26/08/2023
Modelo de Elevación Digital			
DEM WorldDEM Neo	5 m		

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

Con base a esta revisión, se realizó la caracterización inicial de las unidades litológicas y estructurales en el área de influencia. Para ello, se superpuso la cartografía geológica de los estudios ambientales realizados por la operadora ECOPETROL S.A., los cuales abarcaban la zona de interés. La selección de estas fuentes consideró la escala requerida y el propósito de integrar estudios ambientales presentados ante la autoridad competente. De este modo, se consolidó la información geológica secundaria, lo que permitió identificar las unidades presentes y su distribución preliminar en el área, como se muestra en la **Figura 1-22**.

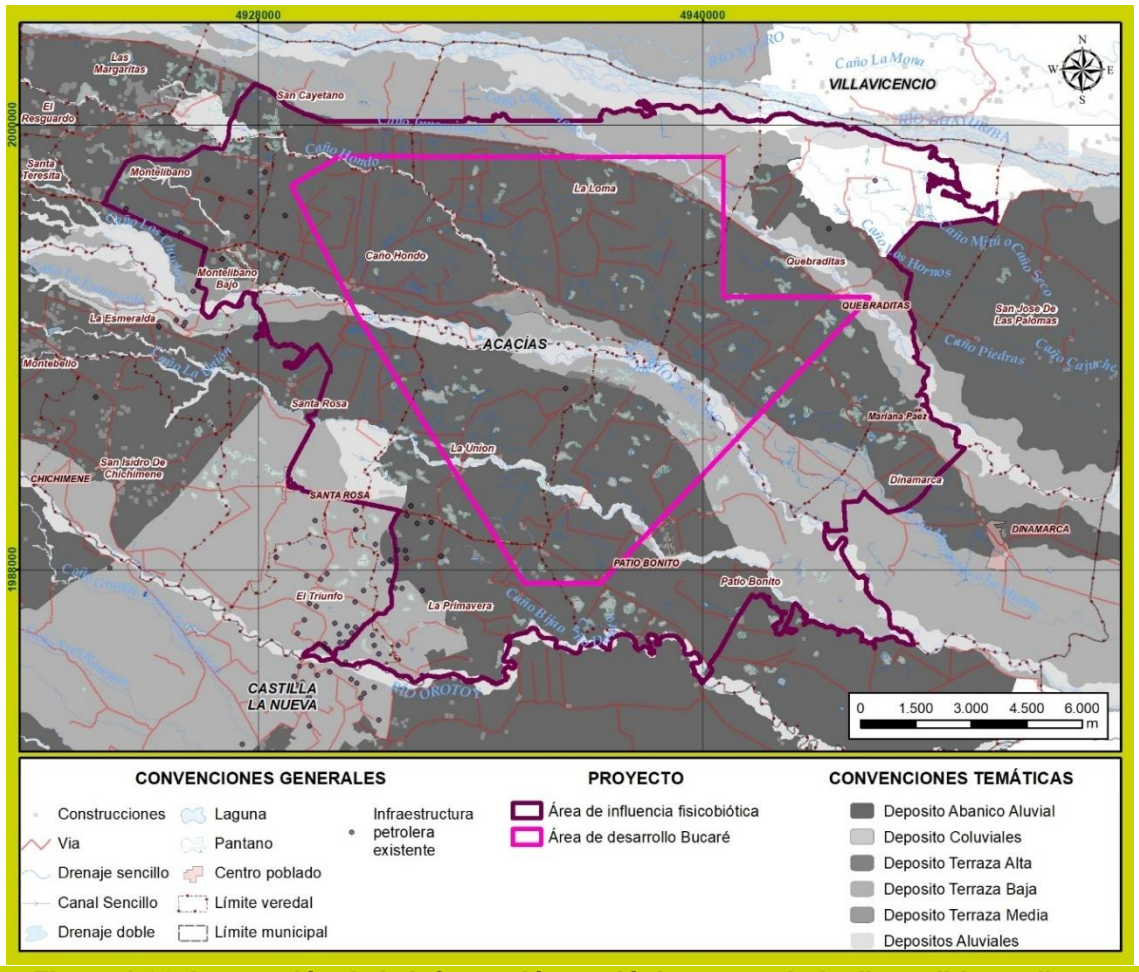


Figura 1-22 Integración de la información geológica secundaria disponible mediante estudios ambientales
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

Por lo que, a partir de esto se identificaron 6 unidades geológicas aflorantes para el área de estudio, las cuales corresponden a Depósitos de Abanico Aluvial, Depósitos de Terraza Alta, Depósitos de Terraza Media, Depósitos de Terraza Baja, Depósitos Coluviales y Depósitos Aluviales. Predominando en la zona sedimentos cuaternarios no consolidades y con una fuerte relación fluvial A partir de esta información, se parten de estas unidades geológicas provenientes de información secundaria y se relacionan con análisis de pendientes, de redes de drenaje e identificación de geoformas para la delimitación preliminar de unidades geológicas, la cual estará sujeta a verificación en campo.

Los criterios empleados para la definición de unidades geológicas preliminares incluyen el análisis morfométrico y de pendientes, el estudio del patrón y densidad de drenaje, así como la identificación de geoformas y su relación con los depósitos presentes. Estos criterios permiten diferenciar unidades geológicas con base en características geomorfológicas y estructurales que reflejan variaciones en la litología y los procesos geodinámicos que han modelado el área.

En el área de estudio, se identifica predominantemente un patrón de drenaje paralelo, con variaciones locales a un patrón rectangular. En los cursos de agua principales, el drenaje varía entre meándrico, anastomosado y trenzado, lo que indica cambios en la dinámica fluvial. Sin embargo, el patrón de drenaje, por sí solo, no es un criterio determinante para la delimitación de unidades

geológicas preliminares, ya que este patrón es homogéneo en el área y no discrimina las unidades, por lo que puedo no tener una influencia marcada por cambio litológicos.

El análisis morfométrico y de pendientes resulta fundamental para la diferenciación de unidades geológicas, ya que permite identificar cambios topográficos asociados a variaciones en la resistencia y composición de los materiales geológicos. En la zona de estudio, se observa un patrón de "escalonamiento" del relieve, lo que sugiere la presencia de diferentes niveles geomorfológicos posiblemente asociados a terrazas fluviales, depósitos coluviales o estructuras tectónicas. Estos cambios en pendiente reflejan discontinuidades en los procesos deposicionales o erosivos y, por ende, contribuyen a la delimitación de unidades con distinta génesis y evolución.

Finalmente, la identificación de geoformas y su relación con los depósitos presentes es un criterio clave en la caracterización geológica del área. La composición y resistencia diferencial de los materiales controlan la forma del relieve, ya que las unidades más competentes generan escarpes y pendientes pronunciadas, mientras que las menos resistentes tienden a formar zonas de acumulación y relieve suavizado. En este sentido, los procesos morfogenéticos asociados a la evolución del paisaje en el contexto del proyecto están directamente ligados a la naturaleza de los depósitos dado su tiempo geológico, permitiendo inferir ambientes de formación y establecer límites preliminares entre unidades geológicas.

En cuanto al análisis estructural del área, se establecieron lineamientos teniendo en cuenta lo reportado en las planchas del Servicio Geológico Colombiano citadas, el Modelo Hidrogeológico Matemático de la Actividad de Inyección de Agua para Mantenimiento de Presión del Campo Castilla (2020) y el análisis de los insumos cartográficos. Es así como se identificaron 11 foto lineamientos, de los cuales algunos coinciden con lo determinado por la información secundaria proveniente del SGC y el Modelo Hidrogeológico Matemático de la Actividad de Inyección de Agua para Mantenimiento de Presión del Campo Castilla (2020).

Los indicadores clave para el trazado de foto lineamientos fueron los cambios de pendiente abruptos, los patrones de drenaje, los cambios repentinos en la dirección de drenaje y la interrupción de los taludes. Estos elementos geológicos y topográficos son fundamentales para identificar estructuras subyacentes o características del terreno que pueden estar asociadas con fallas, fracturas u otros procesos geológicos significativos. Los cambios de pendiente abruptos, que se muestran como desniveles en el relieve proporcionan información asociada a una discontinuidad del sedimento o a la expresión de fallas geológicas, no obstante, para afirmar la presencia de esta última, es necesario contar con información geofísica y litológica recolectada en campo.

En el caso del proyecto, se observaron escarpes, descensos, los cuales son continuos, y también interrupciones de estos taludes, por lo que, lo antes descrito fueron indicadores para el trazado de lineamiento (ver **Figura 1-23**). Asimismo, debe tenerse en cuenta que los escarpes generados por procesos tectónicos en depósitos cuaternarios se caracterizan por pendientes menos pronunciados a comparación de escarpes en rocas, debido a la presencia de erosión y procesos de alteración junto con la naturaleza no consolidada de estos (INGEMMET, 2021).

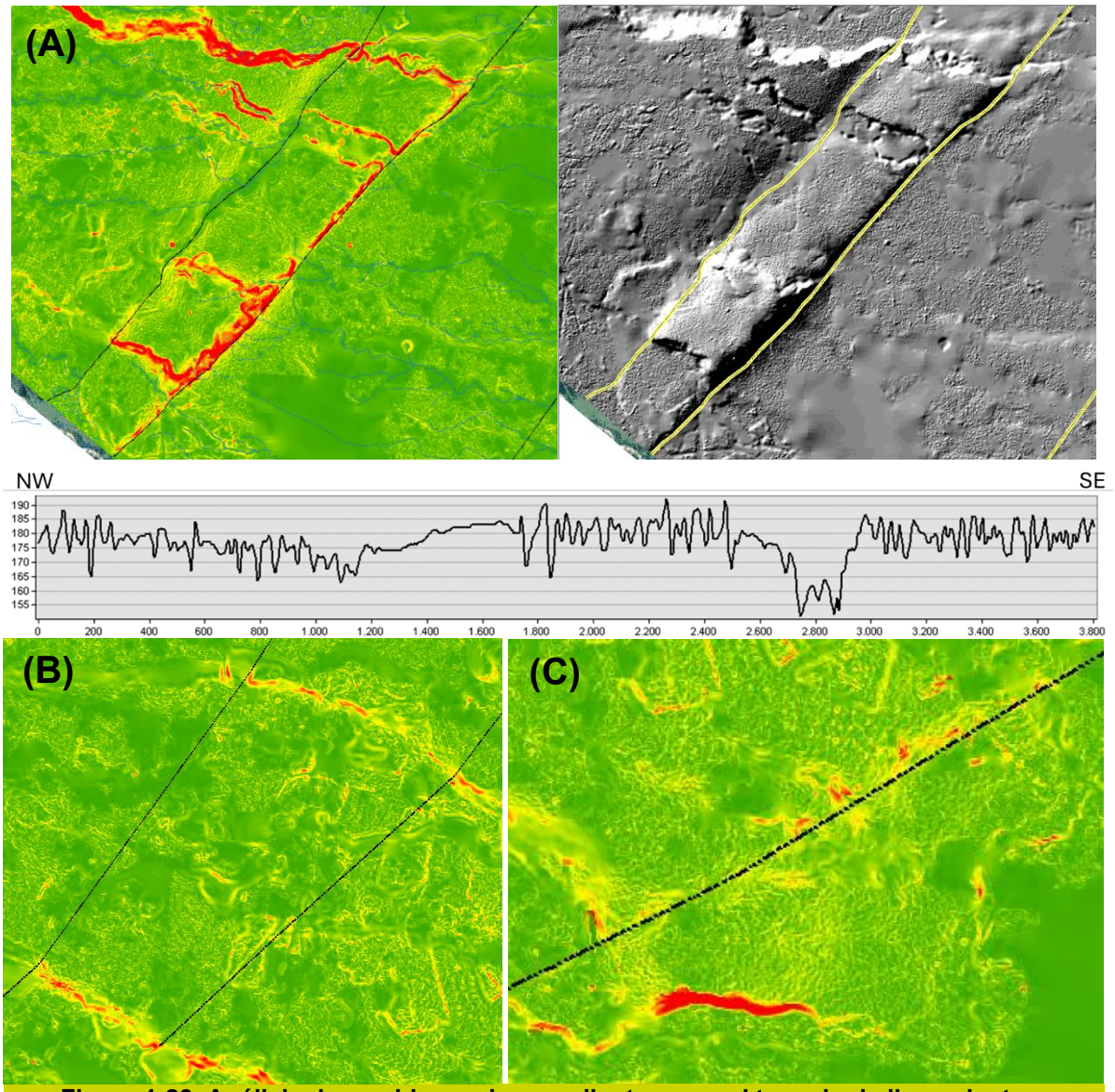


Figura 1-23 Análisis de cambios en las pendientes para el trazado de lineamientos. Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

Mientras, los patrones de drenaje y los cambios en su dirección pueden indicar alteraciones en el flujo de agua debido planos de debilidad preferentes o la dirección de esfuerzos de los bloques. En el caso de patrones de drenaje su observación no es tan amplia dado que la mayoría de estos lineamientos están cubiertos por depósitos cuaternarios, por lo que la afectación de redes de drenaje en esta característica no es evidente. Sin embargo, en ciertos tramos se observan localmente un cambio del patrón drenaje generalizado a patrones rectangulares que coinciden con el trazado de estos lineamientos.

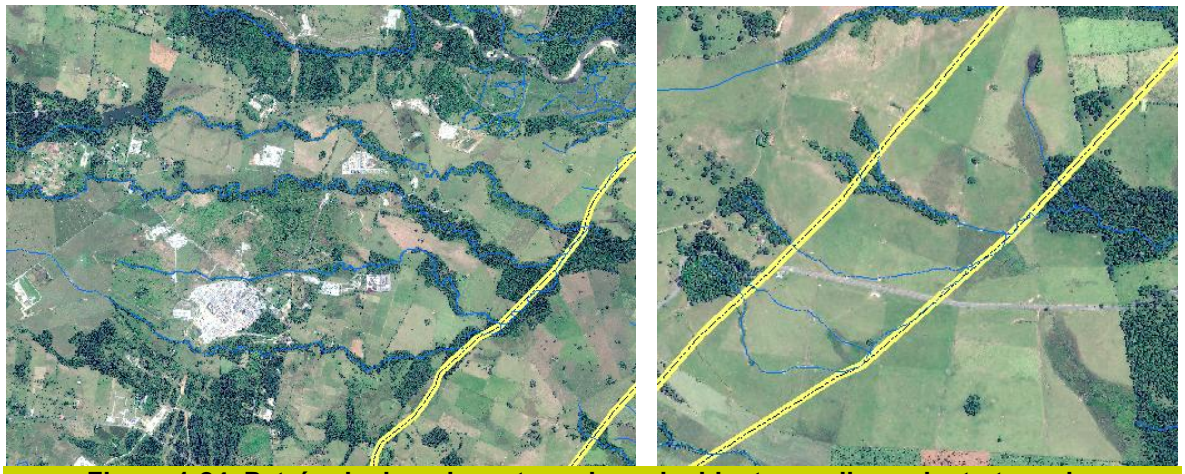


Figura 1-24 Patrón de drenaje rectangular coincidente con lineamiento trazado.
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

Finalmente, se observó que en los drenajes como el Caño Chichimene, el Río Acacías, el Río Orotoy y un afluente de este último, cambian su dirección de drenaje de forma repentina hacia el sureste. Estos lineamientos se presentan en la **Figura 1-25** según el drenaje al que están relacionados.

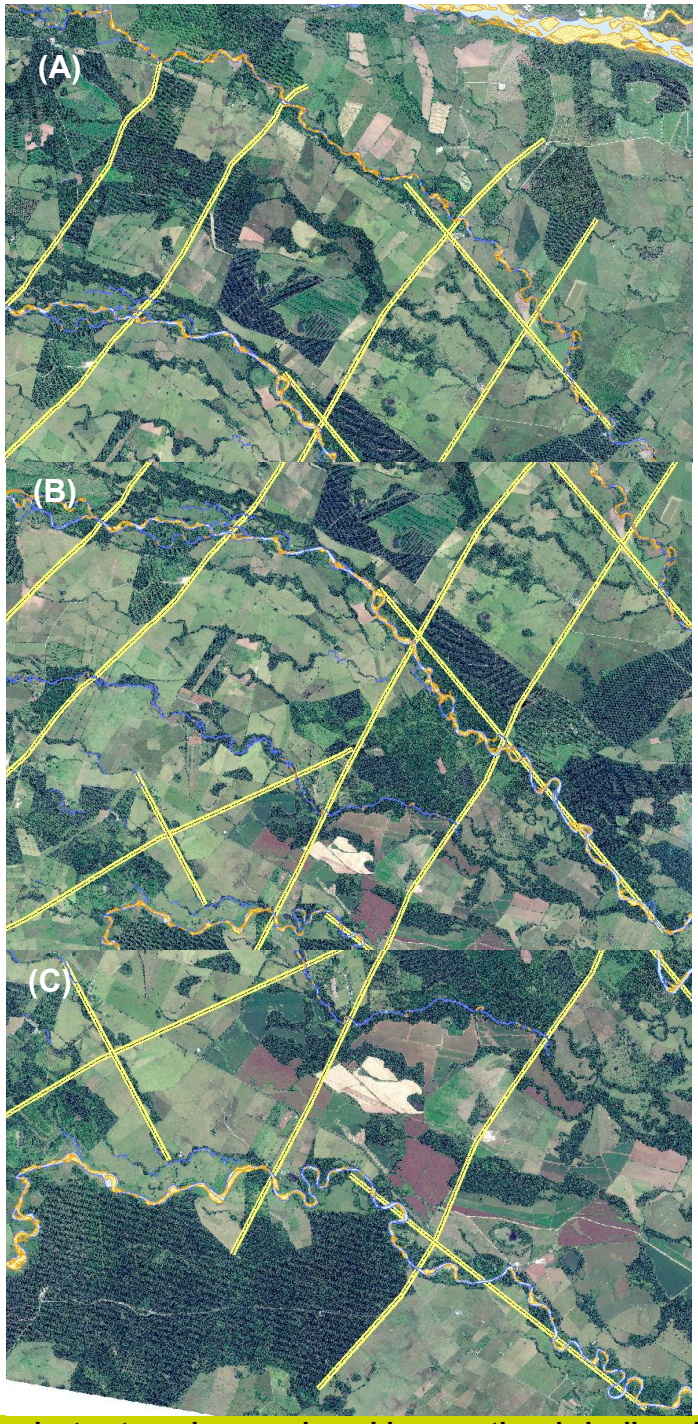


Figura 1-25 Lineamientos trazados por el cambio repentino de la dirección de drenaje (a) Caño Chichimene; (b) Río Acacías; (c) Río Orotoy y afluente.
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, en la **Figura 1-26**, se presenta el análisis estructural global preliminar realizado para este proyecto a partir de insumos cartográficos e información secundaria.

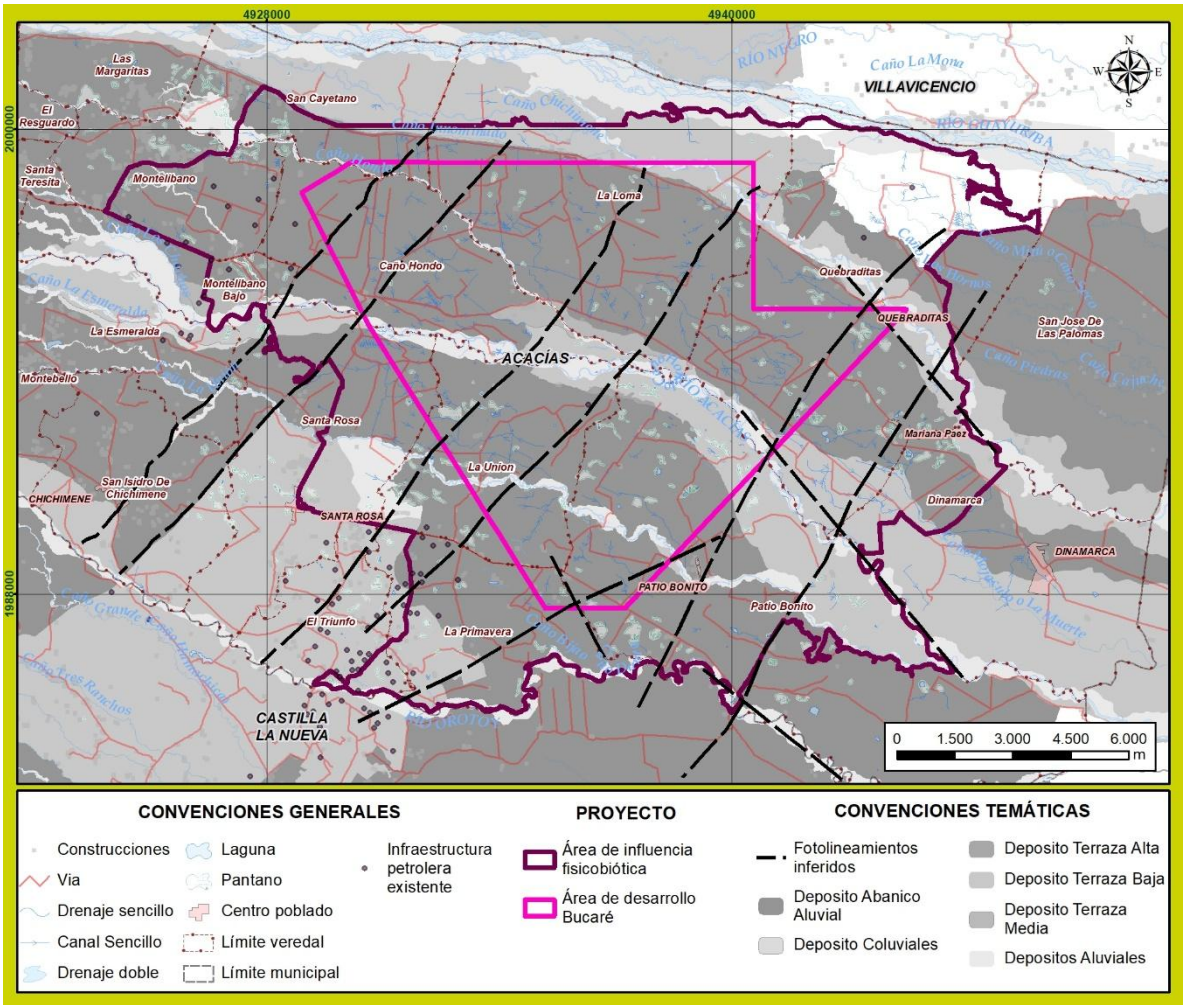


Figura 1-26 Análisis estructural mediante información secundaria e insumos cartográficos.
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

En conclusión, como objetivo de esta etapa preliminar, se construyó un mapa geológico preliminar de geología, sujeto a la verificación de campo y posterior ajuste. Posteriormente, entre el 11 y el 20 de diciembre de 2024, se llevó a cabo un scouting mediante recorridos por las principales vías, con la descripción de afloramientos accesibles o visibles desde el camino. Asimismo, se identificaron predios y ubicaciones estratégicas para el monitoreo de unidades geológicas en la fase de campo. Este proceso permitió definir puntos de interés y plantear problemáticas a abordar en dicha etapa.

Como actividad final de esta etapa, se establecieron estaciones de control y se delimitaron zonas prioritarias, conformando un plan preliminar de trabajo, sujeto a ajustes según las condiciones del terreno durante su ejecución. Estos puntos se presentan en la **Figura 1-27**.

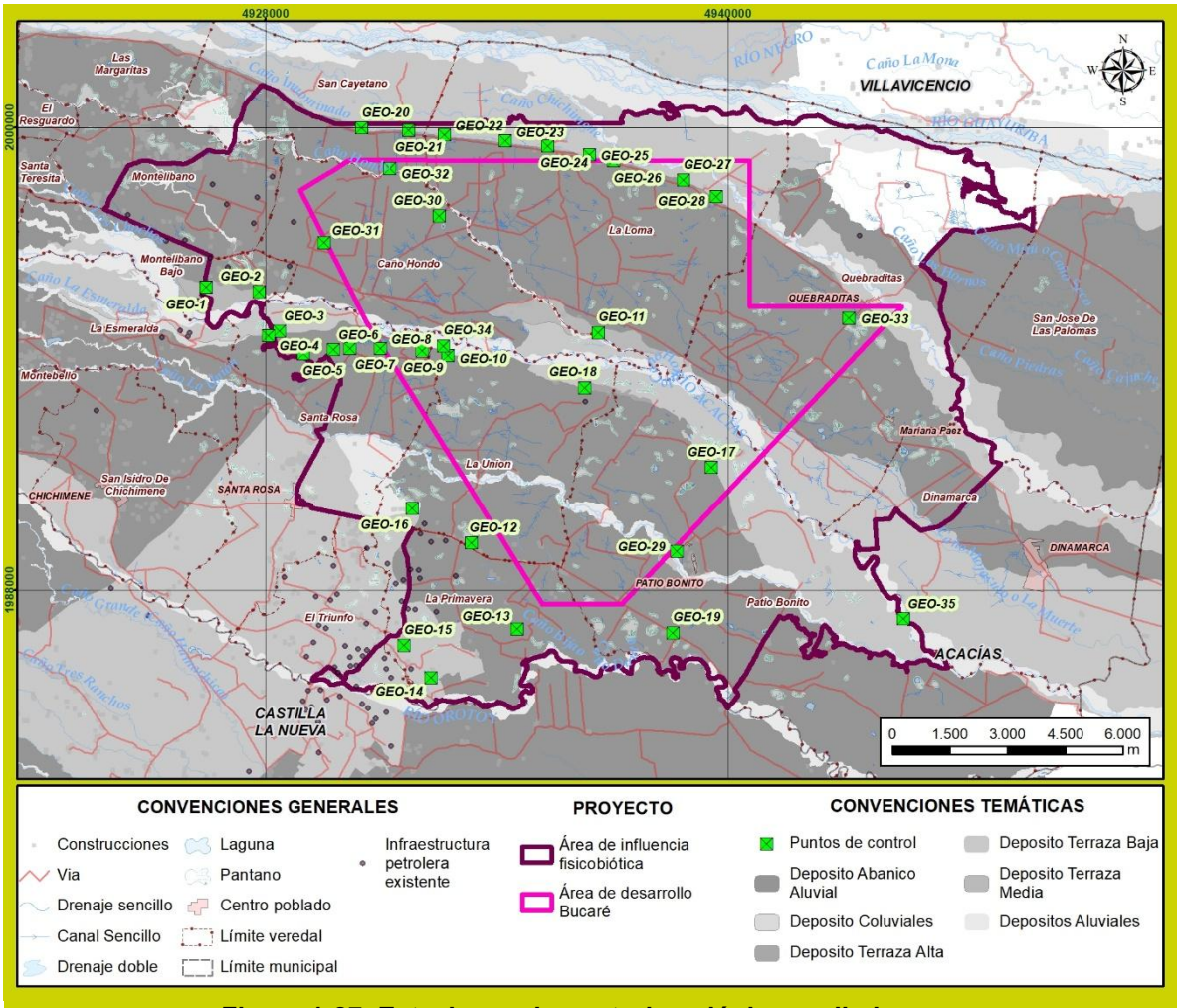


Figura 1-27 Estaciones de control geológico preliminares.
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

- **Etapa de campo**

Las actividades de esta segunda etapa se llevaron a cabo entre el 27 de marzo y el 10 de abril de 2025. Durante este período, se realizaron varios recorridos dentro del área de estudio para visitar los puntos de control de unidades y estructuras geológicas, algunos establecidos en la etapa anterior y otros definidos según las condiciones observadas en esta fase. Estas visitas permitieron verificar y actualizar la información geológica de la zona, así como complementar la cartografía temática existente.

En cada punto de control en campo, se realizó la georreferenciación y una descripción detallada de los depósitos, incluyendo características como textura, composición y estructura. Además, se tomaron datos estructurales cuando fue posible. Dado que las unidades geológicas aflorantes en la zona corresponden a depósitos cuaternarios, se utilizó un formato de recolección geológica enfocado en la descripción de rocas sedimentarias clásticas, evaluando características texturales, granulométricas, plásticas y composicionales. Este formato de campo es referenciado en la **Figura 1-28**.

Por otro lado, como es requerido en los términos de presentados en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, se caracterizan las unidades geológicas superficiales en este capítulo, a través del formato para caracterización de unidades de suelo (dado el carácter no consolidado de los depósitos cuaternarios presentes en el área) sugerido por el Servicio Geológico Colombiano, el cual se presenta en la **Figura 1-29**.

Durante la fase de campo, se recolectaron cinco muestras de sedimentos correspondientes a las principales unidades geológicas identificadas, con el propósito de someterlas a análisis petrográfico de laboratorio, conforme a los términos establecidos por la autoridad. La recolección se llevó a cabo directamente en afloramientos o en apiques realizados sobre la unidad, y las muestras fueron empacadas en bolsas plásticas selladas para su posterior envío al laboratorio.

Asimismo, se describieron siete (7) columnas estratigráficas de las unidades geológicas, priorizando afloramientos de gran magnitud que permitieran identificar sus características principales. Para estas descripciones, se utilizó un bastón seccionado cada 10 cm y, dado que los depósitos no presentan planos estructurales preferentes, la descripción se realizó de manera perpendicular al terreno.

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA EN CAMPO

PROYECTO					
Departamento		COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		Datos de la recolección	
Municipio		Este		Nombre encargado	
Vereda		Norte		Fecha	
Predio		Cota		ID ESTACIÓN	

DATOS DEL AFLORAMIENTO

Clase de Afloramiento		Datos estructurales del afloramiento				Descripción del afloramiento
Natural						
Corte de vía		Diaclasas		Dato estructural		
Ripio de perforación		Grietas		Dato estructural		
Trinchera, apique		Datos estructurales del afloramiento				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Clasificación Textural

Tamaño general de grano (%)						Selección		Redondez promedio		Madurez Textural		Fábrica	
%Grava		%Arena		%Lodo		Muy bien seleccionada		Redondeado		Inmaduro		Orientación de los granos	
Rango de tamaños en mm (Escala de Udden-Wentworth,1922)						Bien seleccionada		Subredondeado		Submaduro			
Desde		*Hasta*				Moderadamente seleccionada		Subangular		Maduro		Empaquetamiento	
						Pobremente seleccionada		Angular		Supermadura			
Relación de los clastos entre sí				%Porosidad		Primaria		Secundaria		Contacto entre granos			
%Matriz		Matriz soportado		Grado de consolidación		Consolidado		Clasificación de Folk (1964)					
%Clastos		Clasto soportado				No consolidado		Clasificación de Nichols (2009)					

Color		Porcentaje de Color		Meteorización de la muestra		Observaciones de la muestra
				Débil		
Color 1		% Color 1	% Color 2	Moderada		
Color 2				Alta		

Granulometría y plasticidad

Granulometría (%)		Plasticidad		
%Arcilla		Termino	PRUEBA DE CAMPO	
%Limo				
%Arena fina				
%Arena media		No plástico	No se puede formar un cordón	
%Arena gruesa		Poco plástico	Se puede formar un cordón, pero se rompe fácilmente y vuelve a su estado anterior	
%Grava		Plástico	Se puede formar un cordón, pero al romperse y volver a su estado anterior, no se puede formar nuevamente	
%Guijos		Muy Plástico	Se puede fomar un cordon que no se rompe facilmente y cuando se rompe se arma facilmente	

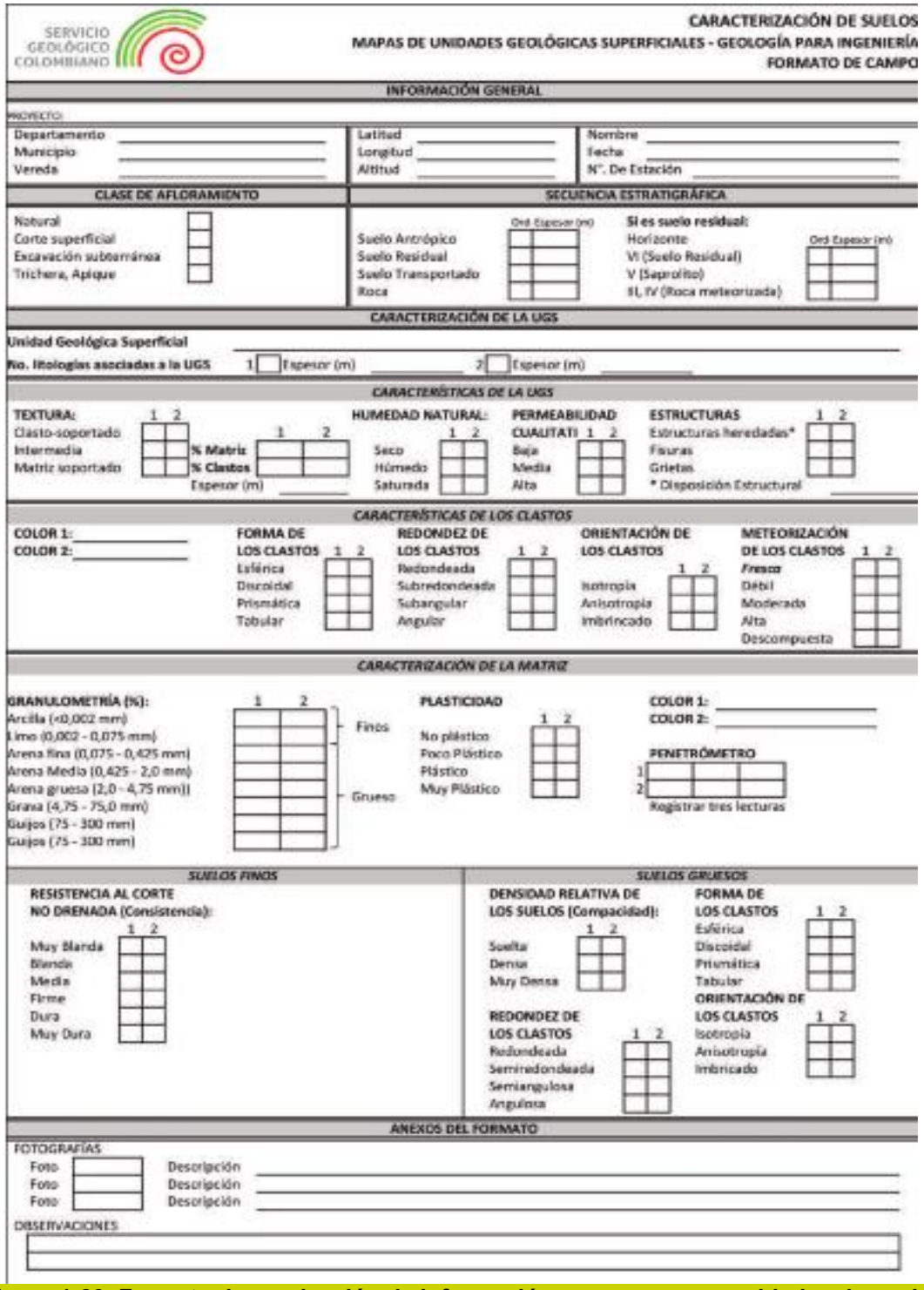
Clasificación Composicional

Granos terrígenos		Fragmentos Líticos		Opacos		Composición General (%)		Observaciones de la muestra
Mineral		Tipo de Liticos		Mineral		%Cuarzo		
Porcentaje		Porcentaje		Porcentaje		%Feldespato		
Tamaño promedio		Tamaño promedio		Tamaño promedio		%Líticos		

REGISTRO FOTOGRAFICO

Foto de la locación	Foto del afloramiento

Figura 1-28 Formato de información geológica a diligenciar en la etapa de campo. Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.



SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS
MAPAS DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES - GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA
FORMATO DE CAMPO

INFORMACIÓN GENERAL

PROYECTO:

Departamento
Municipio
Vereda

Latitud
Longitud
Altitud

Nombre
Fecha
N°. De Estación

CLASE DE AFLORAMIENTO

Natural
Corte superficial
Excavación subterránea
Trinchera, Apique

SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA

Ord. Espesor (m)

Suelo Antrópico
Suelo Residual
Suelo Transportado
Roca

Si es suelo residual:
Horizonte
VI (Suelo Residual)
V (Saprolito)
III, IV (Roca meteorizada)

CARACTERIZACIÓN DE LA UGS

Unidad Geológica Superficial

No. litologías asociadas a la UGS 1 Espesor (m) 2 Espesor (m)

CARACTERÍSTICAS DE LA UGS

TEXTURA:
Clasto-soportado
Intermedia
Matriz soportado

% Matriz
% Clastos
Espesor (m)

HUMEDAD NATURAL:
Seco
Húmedo
Saturada

PERMEABILIDAD CUALITATI
Baja
Media
Alta

ESTRUCTURAS
Estructuras heredadas*
Fisuras
Grietas
* Disposición Estructural

CARACTERÍSTICAS DE LOS CLASTOS

COLOR 1:
COLOR 2:

FORMA DE LOS CLASTOS
Esférica
Discoidal
Prismática
Tabular

REDONDEZ DE LOS CLASTOS
Redondeada
Subredondeada
Subangular
Angular

ORIENTACIÓN DE LOS CLASTOS
Isotropía
Anisotropía
Imbricado

METEORIZACIÓN DE LOS CLASTOS
Fresco
Débil
Moderada
Alta
Descompuesta

CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ

GRANULOMETRÍA (%):
Arcilla (<0,002 mm)
Limo (0,002 - 0,075 mm)
Arena fina (0,075 - 0,425 mm)
Arena Media (0,425 - 2,0 mm)
Arena gruesa (2,0 - 4,75 mm))
Grava (4,75 - 75,0 mm)
Guijos (75 - 300 mm)
Guijos (75 - 300 mm)

Finos
Grueso

PLASTICIDAD
No plástico
Poco Plástico
Plástico
Muy Plástico

COLOR 1:
COLOR 2:

PENETRÓMETRO
Registrar tres lecturas

SUELOS FINOS

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (Consistencia):
Muy Blanda
Blanda
Media
Firme
Dura
Muy Dura

SUELOS GRUESOS

DENSIDAD RELATIVA DE LOS SUELOS (Compacidad):
Suelta
Densa
Muy Densa

REDONDEZ DE LOS CLASTOS
Redondeada
Semiredondeada
Semiangulosa
Angulosa

FORMA DE LOS CLASTOS
Esférica
Discoidal
Prismática
Tabular

ORIENTACIÓN DE LOS CLASTOS
Isotropía
Anisotropía
Imbricado

ANEXOS DEL FORMATO

FOTOGRAFÍAS
Foto
Foto
Foto
Descripción
Descripción
Descripción

OBSERVACIONES

Figura 1-29 Formato de recolección de información en campo para unidades de suelo. Fuente: SGC, 2017.

- **Etapa de análisis y resultados**

En esta etapa, desarrollada posteriormente a la etapa de campo, se realizó la compilación, procesamiento y análisis de la información recolectada en la fase pre-campo y la fase de campo. De esta manera se pudo establecer la geología del área de estudio escala 1:10.000. La caracterización del componente geológico se elaboró y compilo en el documento correspondiente, siguiendo los términos de referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental en proyectos de explotación de hidrocarburos (HI-TR-1-03), además anexando los formularios correspondientes a estaciones geológicas y resultados de ensayos de laboratorio.

1.5.3.1.2 Geomorfología

La geomorfología es la ciencia que se encarga de describir y estudiar la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas del terreno, tanto actuales como antiguas, en ambientes terrestres y submarinos, así como su relación con las estructuras subyacentes.

Los procesos geomorfológicos son dinámicos y reflejan todos los cambios que ha experimentado la Tierra desde sus orígenes. Estos incluyen tanto los originados en su interior (geodinámica interna o procesos endogenéticos) como los generados en su superficie a través de la interacción con la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera (geodinámica externa o procesos exógenos) (Carvajal, 2012).

De acuerdo con lo anterior, el presente documento tiene como objetivo describir la propuesta metodológica empleada en la caracterización del componente geomorfológico del “Estudio de Impacto Ambiental para El Área de Desarrollo de Bucare”, para dar cumplimiento a los términos de referencia H-TER-1-03 del 2010 y la metodología de estudios ambientales (ANLA, 2018).

La metodología utilizada en esta investigación se estructura en tres etapas: procampo, campo y postcampo, las cuales permiten garantizar la rigurosidad y una óptima calidad del estudio, desde la planificación inicial hasta el análisis final de los datos recolectados. A continuación, se describe en detalle cada una de estas etapas.

Etapa Pre-campo

La etapa pre-campo consiste en obtener los criterios geomorfológicos iniciales que permitan elaborar una interpretación eficiente, integrando información relevante de estudios previos para construir una geomorfología preliminar. Esta base servirá para la caracterización en campo, con el objetivo de alcanzar una escala de trabajo 1:10,000, proporcionando el mayor detalle posible según el criterio del componente geomorfológico. Es importante señalar que, según los términos de referencia, el criterio utilizado para estructurar esta interpretación es el SGC. (Carvajal, 2012). Además, desde el inicio, se ha trabajado en conjunto con la metodología del IGAC (IGAC, 2018), lo que permite respaldar y aportar criterios definitorios, en colaboración transversal con el componente de suelos.

Los estudios consultados que sirven como base para la interpretación geomorfológica preliminar del EIA Área de Desarrollo Bucare se presentan en la **Tabla 1-15**.

Tabla 1-15 Información secundaria recopilada para la definición de los criterios geomorfológicos preliminares presentes en el área.

NOMBRE	ESCALA	ENTIDAD	AÑO
Estudios Ambientales			
EIA Área de Perforación Exploratoria Zocay	1:25.000	ECOPETROL SA	2013
EIA para la Modificación De la Licencia Ambiental Para el APE CPO-9	1:25.000	ECOPETROL,SA	2012

NOMBRE	ESCALA	ENTIDAD	AÑO
EIA para La Modificación del PMA Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene	1:25.000	ECOPETROL,SA	2022
EIA Campo de Producción 50k CPO-09	1:25.000	ECOPETROL,SA	2012
EIA Área de Perforación Exploratoria CPO 10 Norte	1:25.000	ECOPETROL	2014
EIA Área de Perforación Exploratoria Llanos 37	1:25.000	ECOPETROL,SA	2011
POMCA del Río Acacías – Pajure	1:25.000	CORMACARENA	2012
POMCA del Río Guayuriba	1:25.000	CORMACARENA	2018
Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos en Masa. Plancha 266 Villavicencio	1:100.000	S.G.C.	2018

Fuente: SGI S.A.S, 2025

La información geomorfológica recopilada de estudios previos agrupa, de manera general, las características morfogenéticas del área de estudio en ambientes de origen fluvial y antropogénico, describiéndolas hasta el nivel de subunidad. Sin embargo, estas subunidades cartográficas preliminares requieren ser verificadas, para revisar los sectores donde autores anteriores presentan criterios divergentes y ajustar los límites cartográficos utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Este proceso permitirá llevar la clasificación hasta el nivel de componente geomorfológico.

La información cartográfica que permite verificar las geoformas obtenidas por estudios consultados se lista en la **Tabla 1-16.**

Tabla 1-16 Insumos utilizados en la verificación de la cartografía geomorfológica preliminar.

INSUMO	ESCALA	AÑO
Cartografía base: drenajes sencillos	1:10.000	2025
Cartografía base: drenajes dobles	1:10.000	2025
Cartografía base: vías	1:10.000	2025
Capa preliminar de coberturas	1:10.000	2025
Curvas de nivel	1:10.000	2025
INSUMO	**RESOLUCIÓN**	**AÑO**
DEM	5 m	-
Modelo de pendientes	5 m	-
Ortofotomosaico	0,3 m	2009
Ortofotomosaico	0,6 m	2012
Sentinel	5 m	2016
SPOT	1,5 m	2023

Fuente: SGI S.A.S, 2025.

La interpretación preliminar de componentes geomorfológicos contó con el respaldo de un scouting realizado del 11 de diciembre de 2024 al 19 de diciembre de 2024. Dicho recorrido se realizó por las vías principales, sin ingreso a predios y permitió dar un primer reconocimiento en campo del área de estudio.

En la **Figura 1-30**, se muestran los componentes geomorfológicos caracterizados pre-campo y los puntos de control tomados en el scouting.

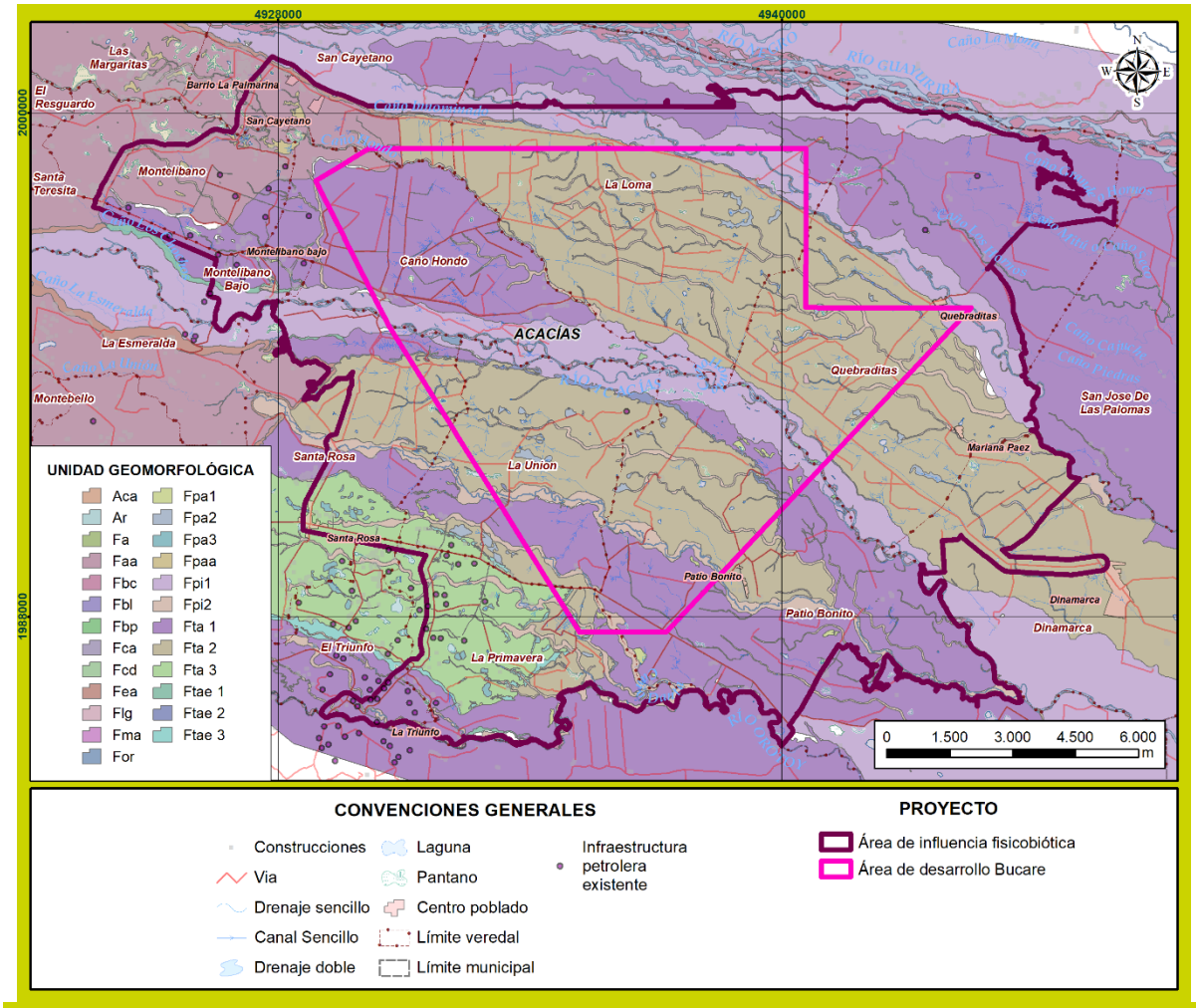


Figura 1-30 Consolidado unidades geomorfológicas precampo
Fuente: SGI S.A.S, 2024

La geomorfología pre-campo del área de influencia distingue 25 categorías, llegando al nivel de descripción preliminar por componente geomorfológico. El presente estudio, con el objetivo de aumentar la escala de trabajo y el nivel de detalle, plantea una etapa de campo que permita alcanzar una escala de trabajo de 1:10,000, categorizando las unidades, subunidades y componentes geomorfológicos, según se detalla a continuación:

Tabla 1-17 Consolidado de componentes geomorfológicas preliminares precampo.

REGIÓN GEOMORFOLÓGICA	UNIDAD GEOMORFO-LÓGICA	SUBUNIDAD GEOMORFO-LÓGICA	COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)	SÍMBOLO
Ambiente Antropogénico	Canal artificial	Canal artificial	Canal artificial	Aca
	Planos y campos de llenos antrópicos	Planos y campos de llenos antrópicos	Planos y campos de llenos antrópicos	Ar
	Excavaciones	Excavaciones	Excavaciones	Ase

REGIÓN GEOMORFOLÓGICA	UNIDAD GEOMORFO-LÓGICA	SUBUNIDAD GEOMORFO-LÓGICA	COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)	SÍMBOLO
Ambiente Fluvial (F)	Abanico Aluvial	Abanico Aluvial Reciente	Plano de Abanico Aluvial Reciente	Faa
			Escarpe de abanico aluvial reciente	Fea
			Plano anegadizo de abanico aluvial reciente	Fpaa
	Terraza Fluvial	Terraza de acumulación nivel uno	Plano de acumulación nivel uno	Fta1
			Plano anegadizo de terraza uno	Fta2
			Escarpe de terraza de acumulación nivel uno	Fta3
		Terraza de acumulación nivel dos	Plano de acumulación nivel dos	Fpa1
			Plano anegadizo de terraza dos	Fpa2
			Escarpe de terraza de acumulación nivel dos	Fpa3
		Terraza de acumulación nivel tres	Plano de acumulación nivel tres	Ftae 1
			Plano anegadizo de terraza tres	Ftae 2
			Escarpe de terraza de acumulación nivel tres	Ftae 3
	Llanura Aluvial	Llanura de Inundación de drenajes mayores	Meandro abandonado	Fma
			Plano de Inundación de drenajes mayores	Fpi1
			Cuenca de decantación	Fcd
			Barra puntual	Fbp
			Barra Compuesta	Fpc
			Isla	Fi
			Orillar	For
			Albardones de drenajes mayores	Fa1
			Cauce Aluvial	Fca
		Llanura de Inundación de drenajes menores	Plano de Inundación de drenajes menores	Fpi2
			Albardones de drenajes menores	Fa2
	Laguna	Laguna	Laguna	Flg

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Es importante mencionar que el consolidado de componentes geomorfológicos a campo es un listado preliminar, que presenta variaciones con respecto del final, puesto que en las posteriores etapas de análisis se descartan o incorporan nuevos componentes según la información verificada en campo.

En la etapa de pre-campo se verifica información secundaria y se interpreta mediante sistemas de información geográfica posibles componentes que son una guía para la verificación en campo, tal como se exponen a continuación:

Criterios para la delimitación pre-campo de geoformas del ambiente antropogénico.

Se utilizaron herramientas de sistemas de información geográfica que permitieron observar y resaltar las formas marcadas por geometrías características de origen antrópico, diferenciando geometrías características de vías, canales, construcciones, excavaciones, etc.

Criterios para la delimitación pre-campo del componente canal artificial (Aca)

La unidad se define como, canales construidos para dragado, rectificación de cauces para facilitar la navegación, para la canalización de ríos o quebradas en zonas urbanas y localmente para el abastecimiento de agua.

Los canales artificiales (Aca) generalmente están construidos para riego de los amplios cultivos presentes a lo largo de toda el área de estudio, por lo cual tienen geometrías lineales rectilíneas, las cuales se encontrarán en cultivos y conectaran cuerpos de agua, diferenciándolos de otras geometrías líneas como son las vías. En el área de estudio generalmente los canales han sido construidos con la funcionalidad de drenar zonas pantanosas.



Figura 1-31 Análisis geomorfológico para delimitación de Canales Artificiales (Aca)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo de Planos y campos de llenos antrópicos (Ar)

La unidad se define como, planos hechos artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos para la construcción de las viviendas. Técnicamente son gravas, bloques y arena bien compactados, sin embargo, comúnmente son de escombros desechos de construcción.

Este componente se identificó mediante el uso de imágenes de alta resolución en color real y resolución máxima de sensor Jilin 1 a 50cm, donde se observan los planos y construcciones que contrastan con el entorno natural (**Figura 1-32**).



Figura 1-32 Análisis geomorfológico para delimitación de Planos y campos de llenos antrópicos (Ar)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo de Excavaciones (Ase)

La unidad se define como una depresión de gran extensión y de variada profundidad, según sea su uso, su forma varia de subredondeada a irregular, hechos de manera manual o con maquinaria pesada, son productos de la explotación de arenas y gravas. Estas excavaciones mantienen su nivel por el aporte de aguas lluvia en épocas de alta pluviosidad o por recarga artificial, son utilizados como lagos artificiales para fines recreativos o económicos como la pesca y la agricultura.

Este componente se identificó mediante el uso de imágenes de alta resolución en color real y resolución máxima de sensor Jilin 1 a 50cm, además de las imágenes tipo Spot y Sentinel en combinaciones de banda 4-3-2 y 4-5-1 respectivamente, las cuales resaltan los cuerpos de agua (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



Figura 1-33 Análisis geomorfológico para delimitación de Excavaciones (Ase)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo de componentes del ambiente Fluvial.

Las herramientas cartográficas tales como: los patrones de drenaje, el trazado de perfiles topográficos, el mapa de pendientes, y las fotografías disponibles, conjunto con información recopilada en el scouting permiten verificar la información secundaria y delimitar una primera versión de los componentes geomorfológicos.

Criterios para la delimitación pre-campo de unidad geomorfológica Abanico Aluvial.

Según la recopilación de información secundaria, en el área de estudio se han reportado abanicos aluviales regionales, los cuales se caracterizan por presentar una superficie en forma de cono, con laderas que van de cóncavas a convexas y una morfología plana y aterrazada. Su origen está relacionado con la acumulación torrencial y fluvial en forma radial, donde una corriente desemboca en una zona plana. Preliminarmente, ha sido fundamental la verificación del DEM y el trazado de perfiles topográficos regionales para construir un modelo aproximado de la disposición del abanico aluvial, basado en la información secundaria disponible.

Criterios para la delimitación pre-campo subunidad geomorfológica Abanico Aluvial Subreciente.

Según la definición del IGAC (2019), la unidad se describe como un tipo de relieve correspondiente a un depósito de materiales aluviales, de forma triangular y contorno arqueado, con una zona estrecha en su parte superior que se extiende ladera abajo de manera radial, desde el punto donde el curso de agua abandona el área montañosa. Su perfil topográfico es rectilíneo-cóncavo en dirección longitudinal y convexo en dirección transversal, con un patrón de drenaje distributivo que comienza en el ápice.

La unidad de Abanico Aluvial Subreciente se determinó a partir de información secundaria, analizando contrastes morfológicos y morfométricos que vinculan el tipo de material y la disposición estructural con la topografía del terreno. Este relieve presenta pendientes fuertemente inclinadas en su parte proximal, que se van suavizando hacia una ligera planicie en la parte distal.

Criterios para la delimitación pre-campo componente plano de abanico aluvial subreciente (Faa)

Se define como la parte del depósito del abanico aluvial que presenta un perfil topográfico rectilíneo-cóncavo en sentido longitudinal y convexo en sentido transversal, con un patrón de drenaje distributivo que se inicia en el ápice. Su pendiente varía desde ligeramente plana (1 – 3 %, clase a) hasta moderadamente inclinada (7 – 12 %, clase c).

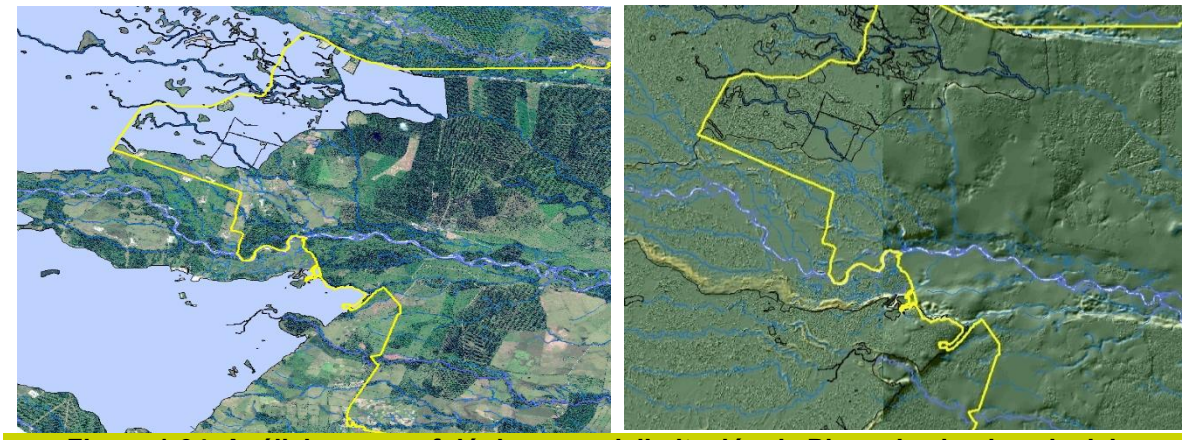


Figura 1-34 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano de abanico aluvial reciente (Faa)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente escarpe de abanico aluvial subreciente (Fea).

Esta unidad se define de acuerdo con el SGC (2015), como un plano sub vertical, con pendientes que van desde moderadamente inclinadas (7-12%) en adelante, de longitud muy corta, presente en los bordes de la superficie del abanico. Su origen es relacionado a procesos de incisión de la red de drenaje tributaria. Puede alcanzar varios metros en la medida que se acerque al ápice del abanico. La unidad se determinó principalmente a por los cambios de pendiente, estimadas con el DEM, la observación de coberturas boscosas en las imágenes Jilin, Spot y Sentinel y las redes de drenaje tributarias que forman el abanico.

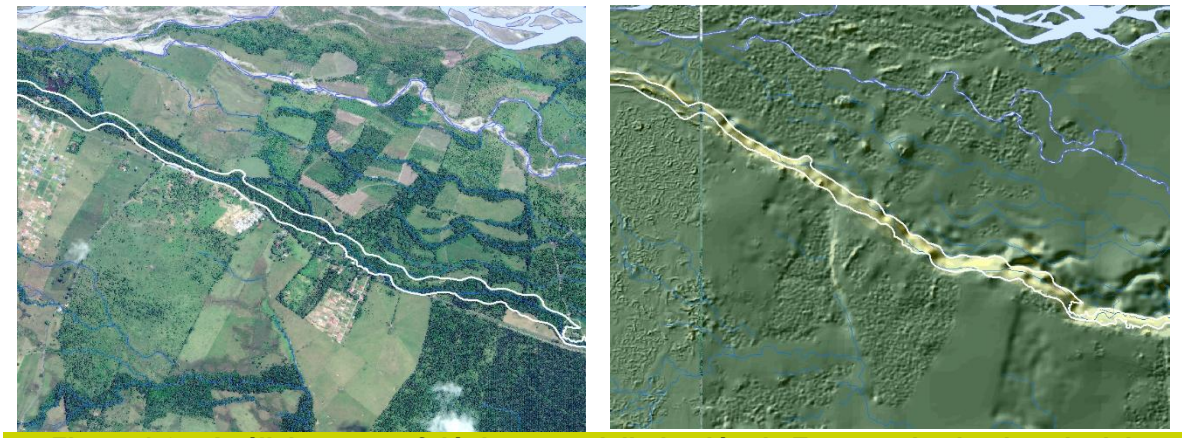


Figura 1-35 Análisis geomorfológico para delimitación de Escarpe de abanico aluvial subreciente (Fea)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente plano anegadizo de abanico aluvial subreciente (Fpaa).

Superficie en forma de artesa, casi plana e irregular, con pendiente ligeramente plana (1-3%) y ligeramente inclinada (3-7%). Se localiza en áreas planas mal-drenadas. Su origen es relacionado a procesos de encharcamiento temporal, que de manera general bordean las cuencas de decantación (SGC, 2015).

Según la nomenclatura del IGAC 2019 esta unidad se homologa como un bajo definido como una superficie que presenta perfil topográfico cóncavo. Se caracteriza por la configuración redondeada y la presencia de una zona pantanosa, normalmente asociada con materiales finos y vegetación hidrófila.

Para definir esta unidad se tuvieron en cuenta los criterios de la superficie irregular a cóncava mediante análisis con imágenes de aerofotografía del año 1997, imágenes de sensor tipo Spot de los años 2007, 2016 y 2021 con configuraciones de banda 4-3-2 y cubrimiento del 90% y total del área, también imágenes de sensor tipo Sentinel de los años 2012 y 2014, con configuraciones de banda 4-3-2 y un cubrimiento del 85% y total del área. Por otro lado, se utilizó como guía principal la imagen de alta resolución en ortofotomosaico del año 2023 con resolución espacial de 50 cm, así mismo se verifico cada geoforma de plano anegadizo trazado perfiles del terreno, valorando las diferentes inclinaciones y pendientes correspondientes a los bajos analizados.

En el proceso de validación de las geoformas de tipo plano anegadizo se comparó con la cartografía oficial de determinantes ambientales referente a humedales (CORMACARENA), puesto que ese

servicio ecosistémico en algunas ocasiones coincide. Además, se utilizó el DEM para construir perfiles transversales y poder analizar si la geoforma presentaba la respectiva concavidad.

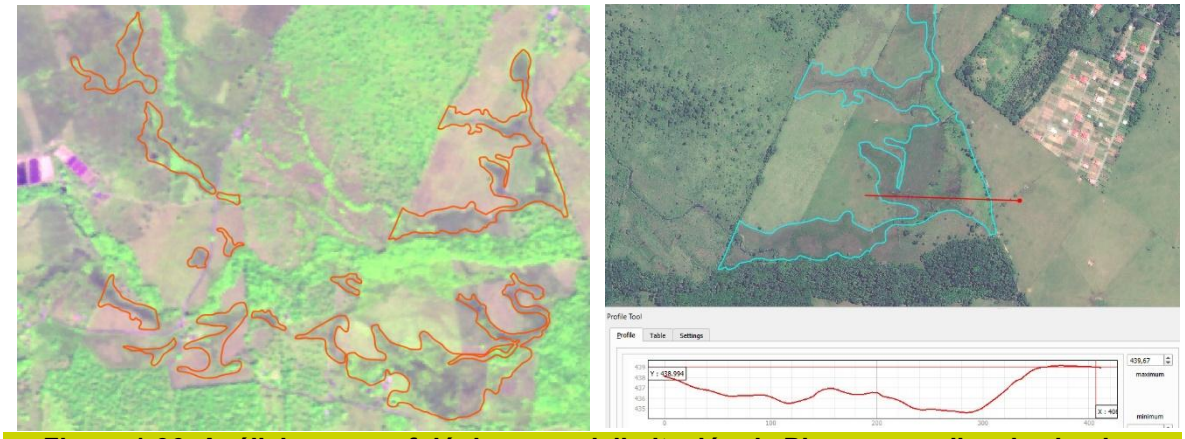


Figura 1-36 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano anegadizo de abanico aluvial subreciente (Fpaa)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo del componente Plano de acumulación terraza nivel uno (Fta1).

Según la nomenclatura SGC (2015), la unidad se define como una superficie elongada, con pendientes a nivel (0-1%) y ligeramente plana (1-3%), conformada sobre sedimentos aluviales. Se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce de un río. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas pueden estar asociadas a cauces rectos o meándricos. El depósito está compuesto por gravas, limos y arcillas, con una disminución en el tamaño de los sedimentos a medida que se alejan del cauce del río.

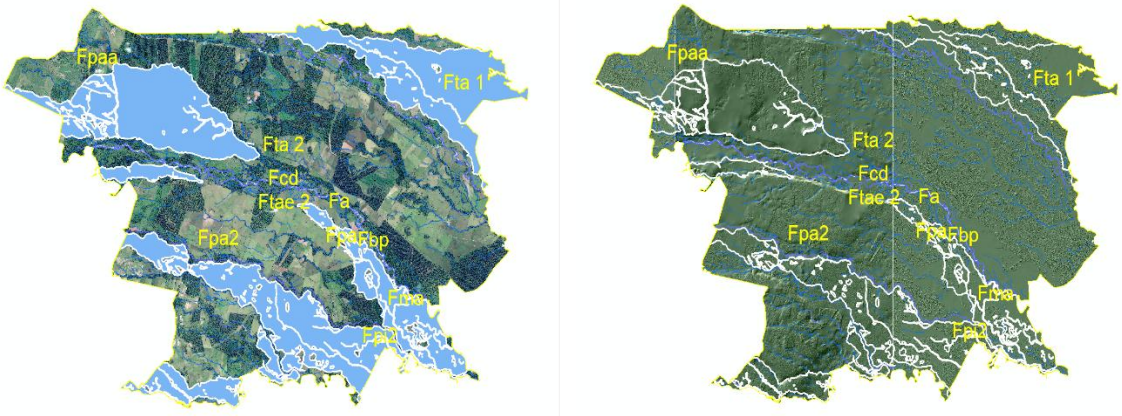


Figura 1-37 Análisis geomorfológico para delimitación de Terraza de acumulación nivel uno (Fta 1)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Plano anegadizo de terraza uno (Fpa1).

Superficie en forma de artesa, casi plana e irregular, con pendiente a nivel (0-1%) y ligeramente plana (1-3%). Su origen es relacionado a procesos de encharcamiento temporal, que de manera general bordean las cuencas de decantación (SGC, 2015). Este tipo de relieve está constituido por un depósito aluvial de perfil topográfico cóncavo, localizado sobre los planos de terraza uno. Esta unidad se determinó de manera preliminar a partir del análisis de imágenes satelitales Spot y Sentinel, empleando combinaciones de bandas espectrales que permiten interpretar variaciones en el contenido de humedad superficial, las cuales se manifiestan mediante contrastes cromáticos. Dichas interpretaciones fueron corroboradas mediante los cambios de pendiente identificados en los perfiles de terreno (**Figura 1-38**).

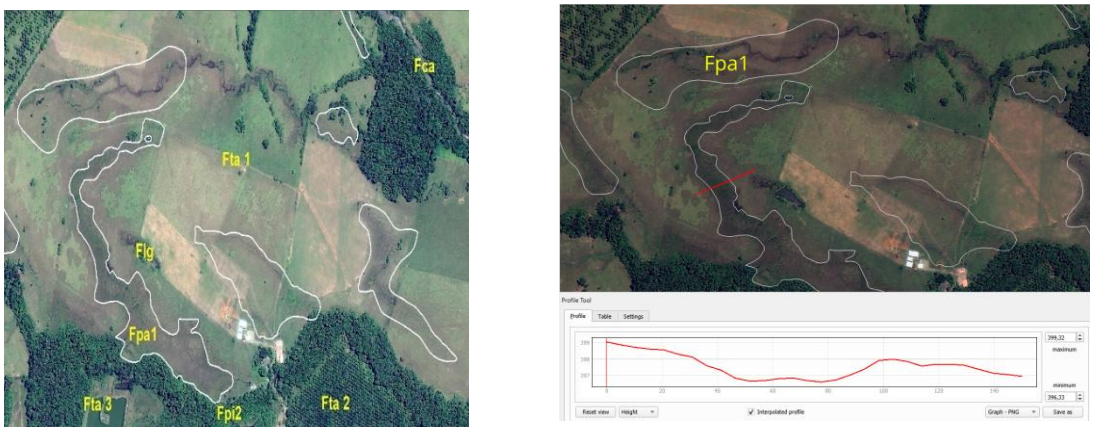


Figura 1-38 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano anegadizo de terraza uno (Fpa 1)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Escarpe de terraza nivel uno (Ftae 1).

Esta unidad se define de acuerdo con el SGC (2015), como un plano sub vertical, con pendientes que van desde moderadamente inclinadas (7 -12%) en adelante, de longitud muy corta, presente en los bordes de la superficie de la terraza de acumulación nivel uno. Su origen es relacionado a procesos de incisión de la red de drenaje tributaria.

Puede alcanzar varios metros en la medida que se acerque al ápice del abanico. La unidad se determinó principalmente a por los cambios de pendiente, estimadas con el DEM, la observación de coberturas boscosas en las imágenes Jilin, Spot y Sentinel y las redes de drenaje (**Figura 1-39**).

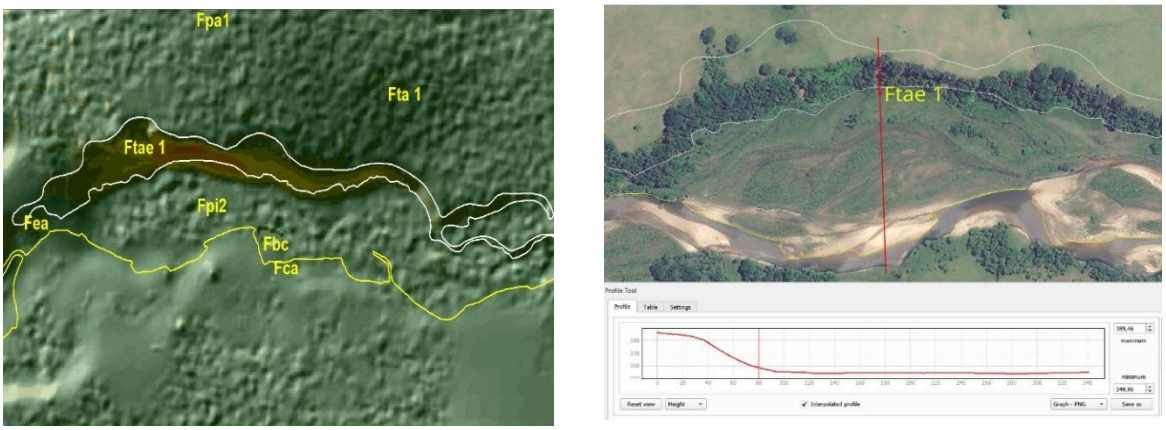


Figura 1-39 Análisis geomorfológico para delimitación de Escarpe de terraza de acumulación nivel uno (Ftae 1)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Plano de acumulación terraza nivel dos (Fta2).

Según la nomenclatura del SGC (2015) la unidad geomorfológica está definida como una superficie elongada, de pendiente ligeramente plana (1-3%) a ligeramente inclinada (3-7%), conformada sobre sedimentos aluviales. Su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas pueden ser parte de cauces rectos a meándricos. Su depósito está constituido por gravas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se aleja del cauce del rio (**Figura 1-40**).

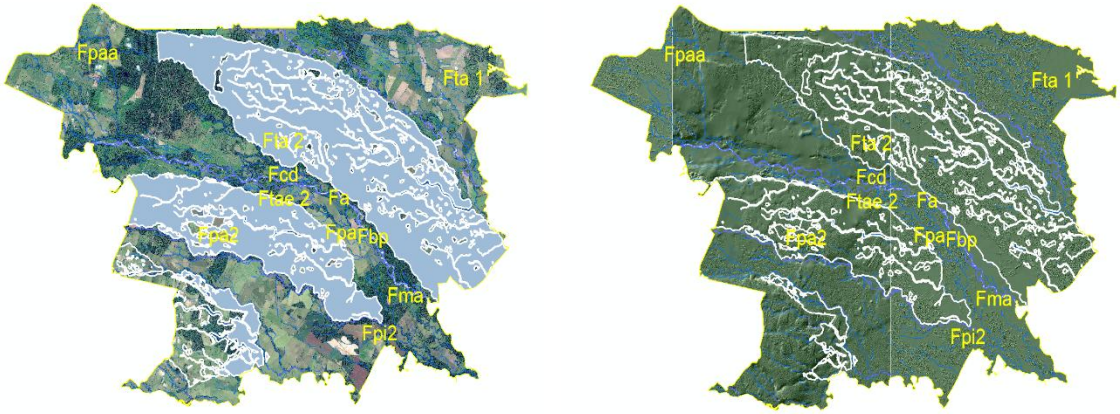


Figura 1-40 Análisis geomorfológico para delimitación de Terraza de acumulación nivel dos (Fta 2)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Plano anegadizo de terraza dos (Fpa2)

Superficie en forma de artesa, casi plana e irregular, con pendientes desde a nivel (0-1%) hasta ligeramente plana (1-3%). Se localiza en áreas planas naturalmente mal drenadas, a menos que tengan intervenciones antropogénicas. Su origen es relacionado a procesos de encharcamiento temporal, que de manera general bordean los planos de inundación (SGC, 2015).

Este tipo de relieve corresponde a un depósito aluvial caracterizado por un perfil topográfico cóncavo, desarrollado sobre planos de terraza de segundo nivel, los cuales se encuentran limitados por taludes, y circundados por unidades de relieve de mayor altitud. La identificación de esta unidad se efectuó mediante el análisis de imágenes satelitales de los sensores Spot y Sentinel, empleando combinaciones de bandas espectrales que permiten interpretar variaciones en el contenido de humedad superficial, evidenciadas a través de contrastes cromáticos; dicha interpretación fue corroborada mediante el análisis de los cambios de pendiente observados en los perfiles del terreno construidos a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) (**Figura 1-41**).

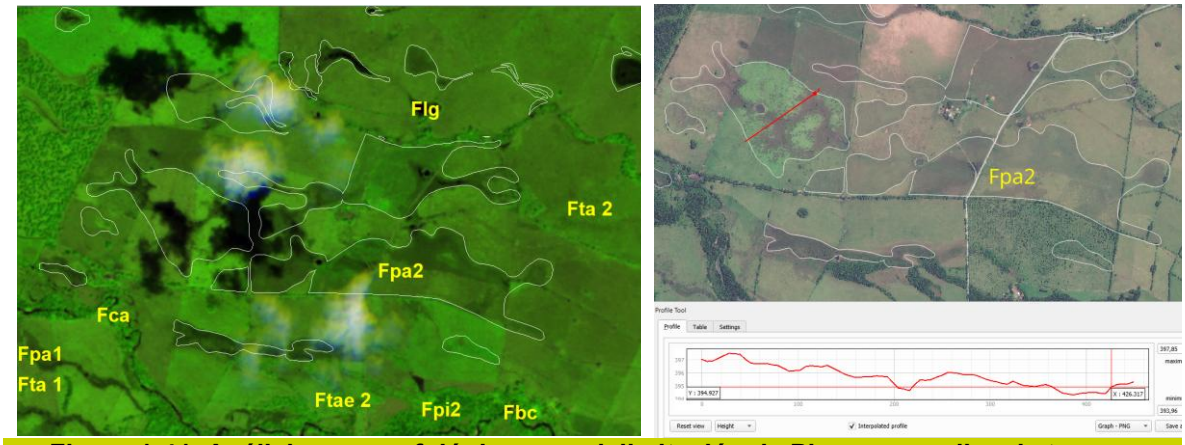


Figura 1-41 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano anegadizo de terraza nivel dos (Fpa 2) utilizando Sentinel y perfiles topográficos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Escarpe de terraza nivel dos (Ftae 2).

Esta unidad se define de acuerdo con el SGC (2015), como un plano sub vertical, con pendientes que van desde moderadamente inclinadas (7-12%) en adelante, de longitud muy corta, presente en los bordes de la superficie de la terraza de acumulación nivel dos. Su origen es relacionado a procesos de incisión de la red de drenaje tributaria. Puede alcanzar varios metros en la medida que se acerque al ápice del abanico. La unidad se determinó principalmente a por los cambios de pendiente, estimadas con el DEM, la observación de coberturas boscosas en las imágenes Jilin, Spot y Sentinel y las redes de drenaje tributarias (**Figura 1-42**).

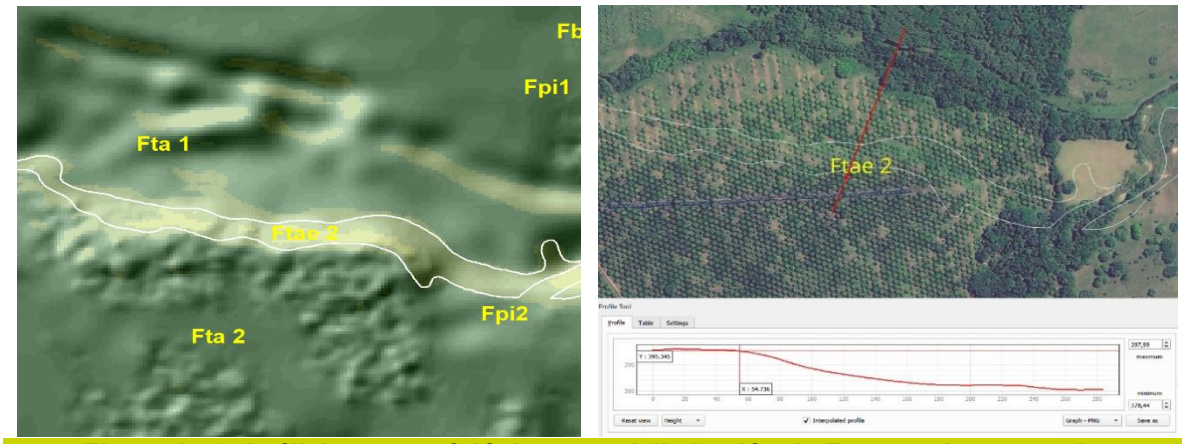


Figura 1-42 Análisis geomorfológico para delimitación de Escarpe de terraza de acumulación nivel dos (Ftae 2)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Plano de acumulación terraza nivel tres (Fta 3).

Según la nomenclatura del SGC (2015) la unidad geomorfológica está definida como una superficie elongada, de pendiente ligeramente plana (1-3%) a ligeramente inclinada (3-7%), conformada sobre sedimentos aluviales. Su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas pueden ser parte de cauces rectos a meándricos. Su depósito está constituido por gravas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se aleja del cauce del rio. Se encuentra a mayor altitud respecto de la terraza nivel dos (**Figura 1-43**).

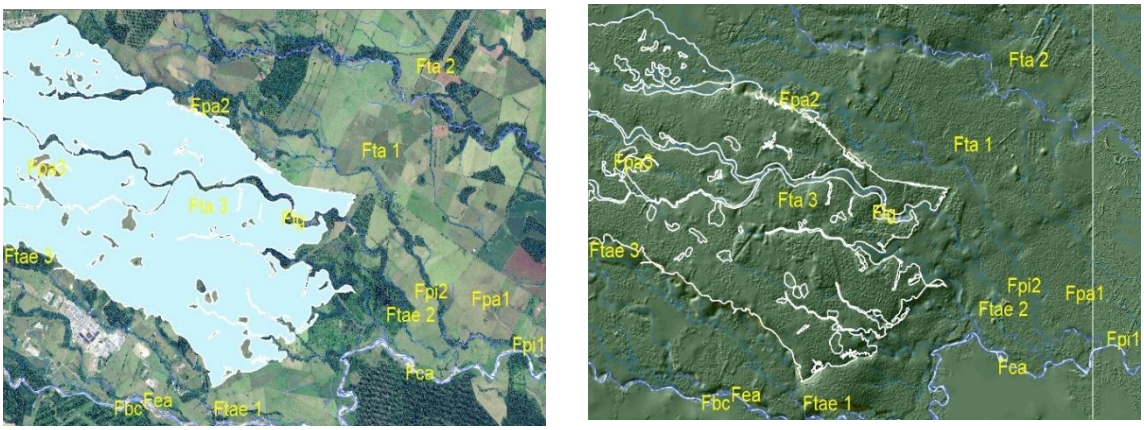


Figura 1-43 Análisis geomorfológico para delimitación de Terraza de acumulación nivel tres (Fta 3)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Plano anegadizo de terraza tres (Fpa3).

Superficie en forma de artesa, casi plana e irregular, con pendientes desde a nivel (0-1%) hasta ligeramente plana (1-3%). Se localiza en áreas planas naturalmente mal drenadas, a menos que tengan intervenciones antropogénicas. Su origen es relacionado a procesos de encharcamiento temporal, que de manera general bordean los planos de inundación (SGC, 2015).

Este tipo de relieve está compuesto por un depósito aluvial con un perfil topográfico cóncavo, ubicado sobre los planos de terraza de nivel tres. La identificación de esta unidad se realizó a partir de los contrastes de pendiente observados en los perfiles del terreno construidos con el DEM (**Figura 1-44**).



Figura 1-44 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano anegadizo de terraza tres (Fpa 3)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Escarpe de terraza nivel tres (Ftae 3)

Esta unidad se define de acuerdo con el SGC (2015), como un plano sub vertical, con pendientes que van desde fuertemente inclinadas (12-25%) en adelante, de longitud muy corta, presente en los bordes de la superficie de la terraza de acumulación nivel tres. Su origen es relacionado a procesos de incisión de la red de drenaje tributaria. Puede alcanzar varios metros en la medida que se acerque al ápice del abanico. La unidad se determinó principalmente a por los cambios de pendiente, estimadas con el DEM, la observación de coberturas boscosas en las imágenes Jilin, Spot y Sentinel y las redes de drenaje tributarias (**Figura 1-45**).

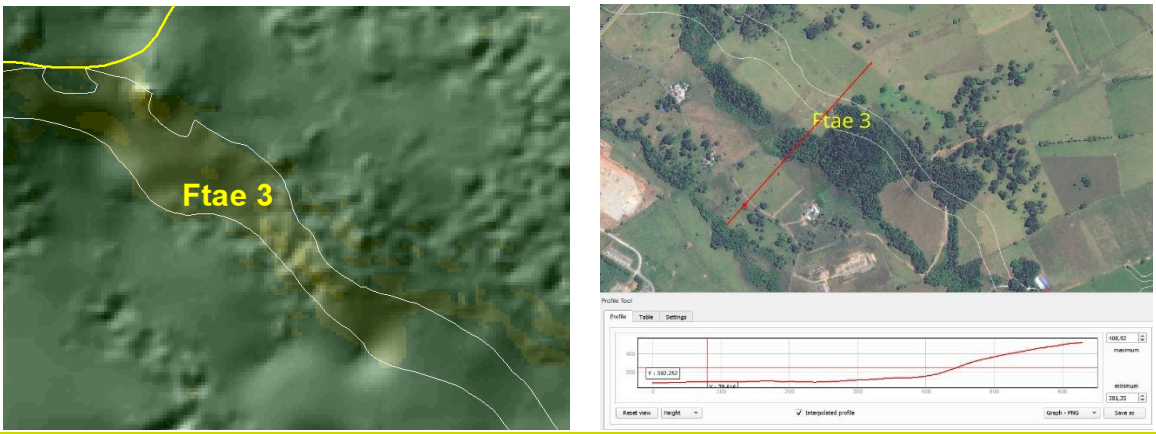


Figura 1-45 Análisis geomorfológico para delimitación de Escarpe de terraza de acumulación nivel tres (Ftae 3)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Meandro abandonado (Fma)

Según la nomenclatura del SGC (2015), esta unidad se define como un tramo curvo del cauce de un antiguo río, cuyo origen se asocia a la migración lateral de la corriente hacia el lado opuesto de la

concavidad o al corte del tramo más angosto entre dos curvas consecutivas, lo que da lugar al estrangulamiento del meandro. El depósito está compuesto por sedimentos finos arcillosos, con intercalaciones de turba, resultado del estancamiento de aguas.

El análisis de los meandros abandonados se realizó mediante un estudio multitemporal. La comparación de imágenes de diferentes años permite observar cómo el cauce activo ha cambiado de ubicación a lo largo del tiempo. En la **Figura 1-46** se comparan una imagen de 2023 (izquierda) y una de 2014 (derecha), donde se evidencia que las geoformas que actualmente corresponden a meandros abandonados eran, en el pasado, sectores por los que fluía el cauce principal.

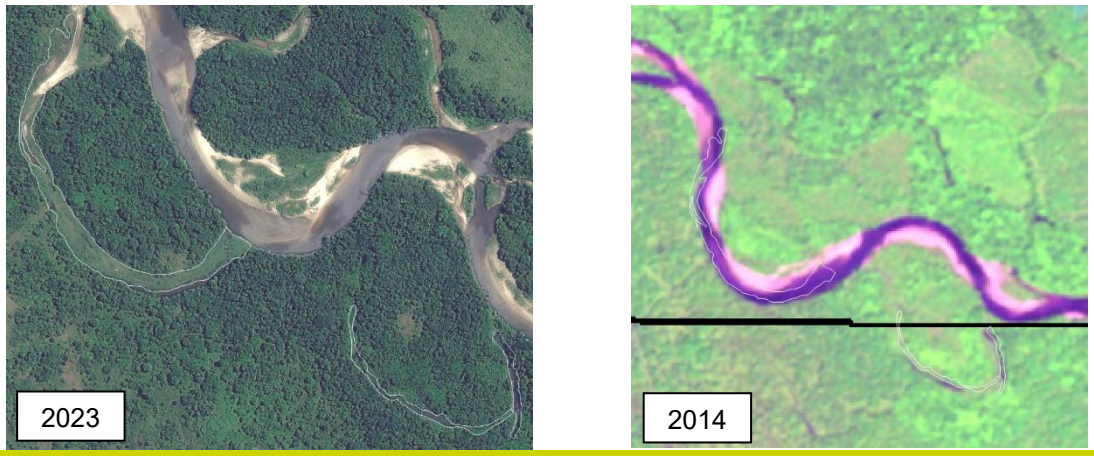


Figura 1-46 Análisis geomorfológico para delimitación de Meandros abandonados (Fma)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo Componente Plano de Inundación de drenajes mayores (Fpi1)

Según la nomenclatura del SGC (2015), la geoforma se define como una superficie de morfología plana o suavemente ondulada, con potencial de inundación recurrente. Generalmente se localiza a lo largo de los cauces fluviales principales de mayor caudal, donde puede estar delimitada localmente por escarpes de terrazas (**Figura 1-47**).

Preliminarmente, se establece una distinción entre los planos de inundación asociados a drenajes mayores y aquellos vinculados a drenajes menores. Los procesos morfodinámicos de un cauce varían según sus características y la frecuencia de inundación. Mientras que los drenajes mayores poseen una mayor capacidad para erosionar, transportar y depositar sedimentos, los planos de inundación de los drenajes menores se caracterizan por procesos erosivos de menor escala, que modelan el paisaje de manera más encañonada y localizada.

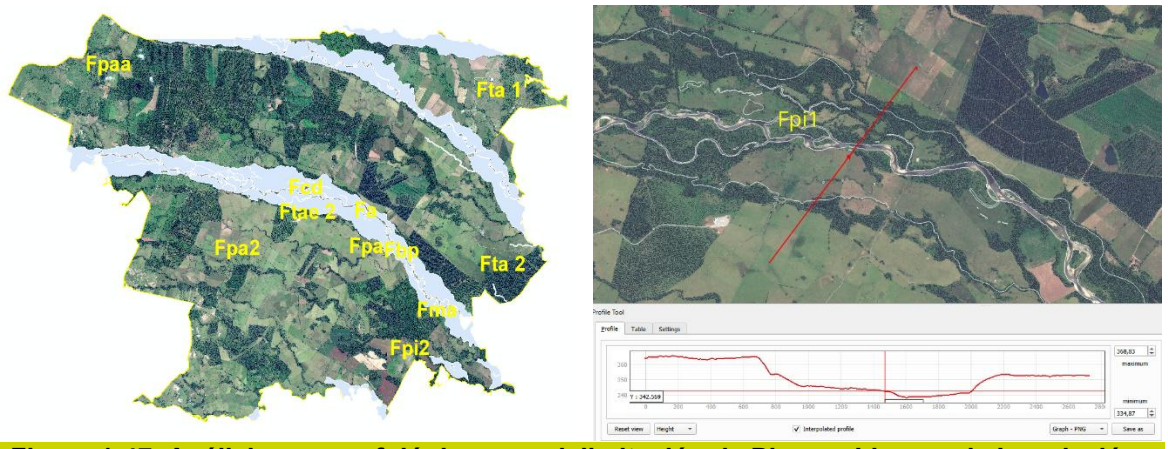


Figura 1-47 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano o Llanura de Inundación de drenajes mayores (Fpi1)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Cuenca de decantación (Fcd)

Según la nomenclatura del SGC (2015), la geoforma se define como una superficie de morfología plano-cóncava, con una pendiente ligeramente plana (1-3%), Esta superficie es casi plana, presenta zonas localmente inundadas y posee un drenaje deficiente. Su origen está asociado al desbordamiento temporal de canales o ríos adyacentes, que inundan permanentemente depresiones en planos de inundación, dejando remanentes de agua. El depósito que la conforma está compuesto principalmente por materiales finos, arcillosos, con una abundante presencia de materia orgánica.

Esta geoforma se localiza en el área de estudio, asociada a sectores próximos a los cauces fluviales y desarrollada sobre planos de inundación. Con base en la información cartográfica disponible y el análisis de imágenes satelitales multitemporales, se identificaron áreas que presentan condiciones de encharcamiento persistente (**Figura 1-48**).

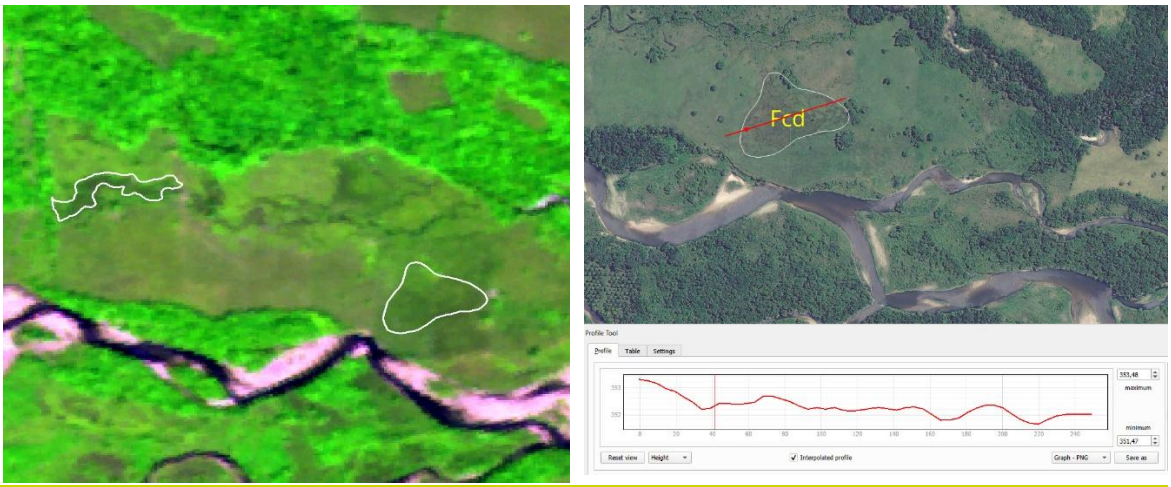


Figura 1-48 Análisis geomorfológico para delimitación de Cuenca de decantación (Fcd)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Barra puntual (Fbp)

Según el SGC (2015), este componente geomorfológico corresponde a un cuerpo en forma de medialuna, con una morfología suavemente ondulada, conformada por crestas y artesas curvas de baja altura. Estos cuerpos se localizan en la parte cóncava de los meandros fluviales, como resultado de la acumulación de sedimentos erosionados desde la parte convexa del cauce. Los depósitos están compuestos principalmente por sedimentos arenosos finos en las crestas y materiales arcillosos en las artesas. Cuando se producen procesos de migración lateral del cauce, la acumulación de este tipo de barras puede dar lugar a conjuntos de orillas simples o complejos (**Figura 1-49**).



Figura 1-49 Análisis geomorfológico para delimitación de Barra puntual (Fbp)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Barra Compuesta (Fbc)

El SGC (2015) define este componente geomorfológico como un conjunto de barras unitarias que pueden extenderse lateralmente desde decenas hasta cientos de metros, y longitudinalmente a lo largo de varios kilómetros. Su origen se asocia al amalgamamiento de múltiples barras, producto de sucesivos eventos de erosión y sedimentación, y/o a la reocupación de antiguos canales y cauces abandonados (**Figura 1-50**).



Figura 1-50 Análisis geomorfológico para delimitación de Barra puntual (Fbp)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Isla (Fi)

Este componente es definido por el SGC (2015) como un cuerpo elongado, de forma romboidal y convexo en planta, con una morfología suavemente ondulada en la superficie. Se dispone de manera paralela al eje de los cauces fluviales mayores, con su punta más aguda orientada en la dirección de la corriente. Su origen se relaciona con la acumulación de sedimentos durante grandes eventos de inundación, que, al disminuir el caudal, permanecen como remanentes que dividen el flujo principal (**Figura 1-51**).

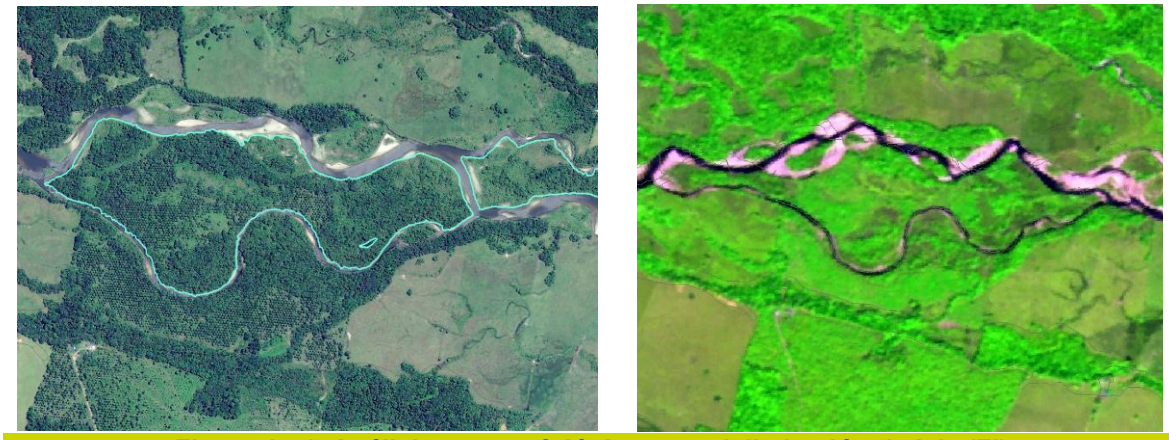


Figura 1-51 Análisis geomorfológico para delimitación de Isla (Fi)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Orillar (For)

Los complejos de orillales son barras de forma semilunar ubicadas en la parte convexa (interna) de un meandro. Estas se originan por el desplazamiento de la línea de flujo máximo hacia la parte cóncava del meandro, lo que genera una disminución del flujo en la zona convexa y favorece la sedimentación. El análisis de imágenes multitemporales permitió identificar sectores con formas semilunares cercanas a ríos meándricos, que presentan una apariencia surcada o con depresiones alargadas (**Figura 1-52**).

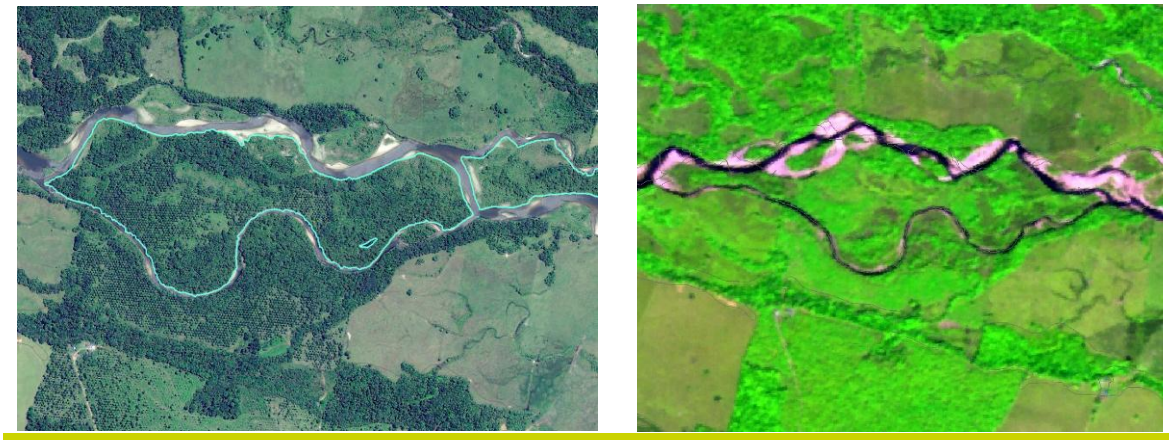


Figura 1-52 Análisis geomorfológico pre- campo para delimitación de Orillar (Or)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Albardones de drenajes mayores (Fa1)

Según la nomenclatura del IGAC (2019), esta unidad se define como una forma de terreno constituida por un depósito de material aluvial ubicado en las márgenes del cauce principal. Morfológicamente se representa en un perfil topográfico convexo, pendiente de ligera a moderada inclinación, y una configuración estrecha y alargada.

Según la nomenclatura del SGC (2015), esta unidad se define como una estructura en forma de cresta o banco, compuesta por arena muy fina y limo, con una altura de 1 a 2 metros y un ancho de 3 a 4 metros. Se localiza en las riberas de las corrientes fluviales mayores, especialmente en las partes cóncavas de los meandros de los ríos. Su origen está relacionado con el depósito de material arenoso durante épocas de inundación.

Esta unidad se aproximó en puntos preliminarmente para evaluar los relieves delimitados en los bordes de los ríos y los meandros abandonados, los cuales se evidencian por el relieve sobresaliente en el DEM, así como en los perfiles de terreno analizados, donde se observa un crecimiento de vegetación elevada en las márgenes de los ríos. Además, es importante realizar evaluaciones de campo para determinar si es posible representarlos en la cartografía temática final (**Figura 1-53**).



Figura 1-53 Análisis geomorfológico para revisión de albardones (Fca)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente Cauce Aluvial (Fa1)

Según la nomenclatura del SGC (2015) se define a un canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Algunos cauces son de tipo meándrico como sucede con caño Hondo, Caño la Unión y el río Acacías.

Según la nomenclatura del IGAC (2019), la geoforma se define como una superficie alargada y plana, confinada entre zonas circundantes de relieve más alto, que tiene como eje un cauce principal donde es frecuente la confluencia de corrientes hídricas secundarias. Se caracteriza por presentar relieves deposicionales distribuidos en uno o varios niveles de sedimentación, sistemas de terrazas continuos con taludes orientados paralelamente al cauce principal, y relieves negativos que actúan como trampas naturales de sedimentos (**Figura 1-54**).



Figura 1-54 Análisis geomorfológico para delimitación de Cauce aluvial (Fca)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo componente plano de inundación de drenajes menores - vega (Fpi2-v)

Según la nomenclatura del SGC (2015) esta categoría incluye planos fluviales menores con formas en “U” o “V” que descienden desde los flancos del piedemonte. Los cursos de agua de drenajes menores tienden a confluir con sus afluentes para formar un cauce principal dentro de una red de drenaje subparalelo y de mediana densidad, estas geoformas se presentan como superficies angostas, alargadas y bien definidas.

Para determinar estos componentes geomorfológicos se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución, específicamente del tipo Jilin-1 del año 2023. Con estas imágenes se ubicaron los bordes de los cauces aluviales a lo largo del área del terreno, como se muestra en la Figura 1-55. En esta figura se traza la geoforma a lo largo del drenaje secundario, corroborada a su vez con perfiles de terreno que evidencian topográficamente los límites morfométricos.

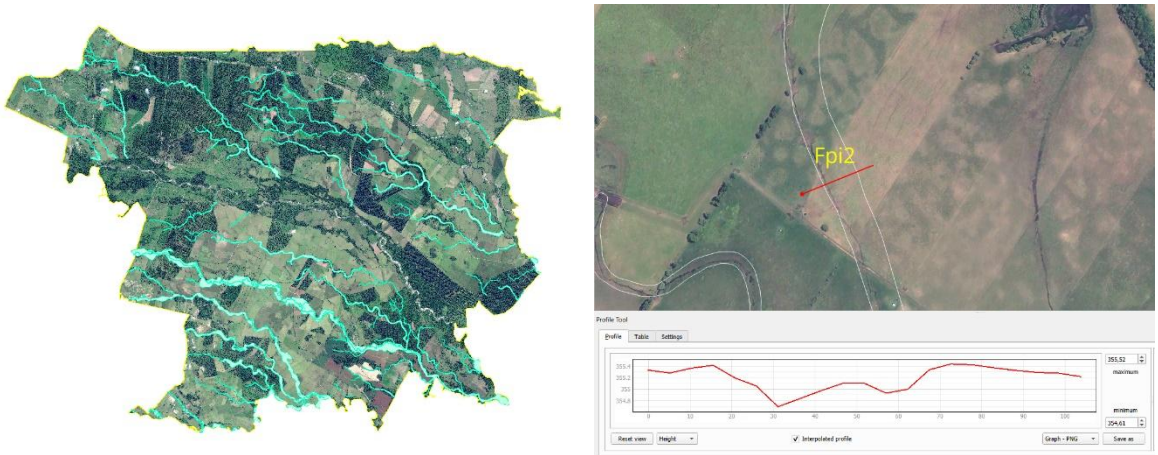


Figura 1-55 Análisis geomorfológico para delimitación de Plano de inundación de drenajes menores (Fpi2)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Criterios para la delimitación pre-campo unidad geomorfológica Laguna (Flg)

En el SGC 2015 se define esta unidad como, un depósito natural de agua de dimensiones inferiores, en relación con los lagos tanto en área como en profundidad. Dicha profundidad varía de acuerdo con las condiciones ambientales donde se localice y a su grado de colmatación (acumulación de sedimentos). Las lagunas de origen fluvial se relacionan con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, estas pueden permanecer incluso en épocas secas ya que son pobremente drenadas.

Según el SGC (2015), esta unidad se define como un depósito natural de agua de dimensiones menores en comparación con los lagos, tanto en área como en profundidad. La profundidad de estas lagunas varía según las condiciones ambientales del lugar donde se encuentran y su grado de colmatación (acumulación de sedimentos). Las lagunas de origen fluvial están relacionadas con la inundación de antiguas depresiones durante épocas de alta pluviosidad, y pueden mantenerse incluso durante la estación seca, ya que presentan un drenaje deficiente (**Figura 1-56**).



Figura 1-56 Análisis geomorfológico para delimitación de Laguna (Flg)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

La caracterización geomorfológica pre-campo permitió localizar los puntos de control que se visitaran en la fase de campo. La caracterización geomorfológica preliminar determina la planeación de los puntos de control que se visitarán durante la fase de campo. Se planea una revisión en campo de la totalidad de componentes geomorfológicos mediante 194 puntos de control, mientras que los procesos morfodinámicos cuentan con 76 puntos de control. Dichas localizaciones son aproximadas, puesto que dependen de múltiples factores que pueden ocurrir en campo, así como el número de puntos de control puede aumentar de ser necesario, dependiendo de las características del terreno.

Tabla 1-18 Puntos de control de componentes geomorfológicos planeados en fase pre-campo.

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_1	4941916,68	1989812,15	Barra compuesta
GMF_2	4941667,53	1990089,87	Barra compuesta
GMF_3	4936576,28	1994066,65	Barra compuesta

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_4	4936214,33	1994103,16	Barra compuesta
GMF_5	4933656,87	1994531,92	Barra compuesta
GMF_6	4932801,73	1994726,66	Barra compuesta
GMF_7	4931434,31	1994728,64	Barra compuesta
GMF_8	4930981,87	1994927,08	Barra compuesta
GMF_9	4928588,71	1995498,58	Barra compuesta
GMF_10	4930015,39	1995315,79	Barra puntual
GMF_11	4939609,42	1998909,5	Barra puntual
GMF_12	4938783,92	1999004,75	Barra puntual
GMF_13	4939107,77	1999163,5	Barra puntual
GMF_14	4936138,08	1999981,07	Barra puntual
GMF_15	4936406,37	1999993,77	Barra puntual
GMF_16	4934596,61	2000303,33	Barra puntual
GMF_17	4932186,25	1992859,96	Canal artificial
GMF_18	4932267,85	1994002,21	Canal artificial
GMF_19	4932613,54	1994021,82	Canal artificial
GMF_20	4930476,77	1985416,56	Cauce aluvial
GMF_21	4930763,32	1985468,95	Cauce aluvial
GMF_22	4935543,24	1986363,06	Cauce aluvial
GMF_23	4935468,63	1986600,4	Cauce aluvial
GMF_24	4940964,59	1988375,03	Cauce aluvial
GMF_25	4936695,06	1989749,92	Cauce aluvial
GMF_26	4942075,07	1989826,51	Cauce aluvial
GMF_27	4941862,87	1989869,11	Cauce aluvial
GMF_28	4933570,9	1990829,08	Cauce aluvial
GMF_29	4932516,97	1990995,15	Cauce aluvial
GMF_30	4932257,67	1991296,78	Cauce aluvial
GMF_31	4930167,27	1992002,91	Cauce aluvial
GMF_32	4930363,18	1992042,34	Cauce aluvial
GMF_33	4930041,91	1992052,47	Cauce aluvial
GMF_34	4945803,48	1993744,47	Cauce aluvial
GMF_35	4945368,5	1994048,21	Cauce aluvial
GMF_36	4937010,68	1994397,14	Cauce aluvial
GMF_37	4928617,15	1995483,04	Cauce aluvial
GMF_38	4929273,32	1995502,09	Cauce aluvial
GMF_39	4943961,48	1995624,48	Cauce aluvial

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_40	4943410,88	1996216,33	Cauce aluvial
GMF_41	4939179,12	1999111,76	Cauce aluvial
GMF_42	4946026,38	1999372,31	Cauce aluvial
GMF_43	4934941,55	2000054,21	Cauce aluvial
GMF_44	4929532,27	1985678,43	Cauce aluvial
GMF_45	4937273,74	1993991,31	Cauce aluvial
GMF_46	4936643,36	1994058,15	Cauce aluvial
GMF_47	4936665,42	1994173	Cuenca de decantación
GMF_48	4935948,08	1994452,59	Cuenca de decantación
GMF_49	4928991,96	1994124,4	Escarpe de abanico aluvial reciente
GMF_50	4932646,71	1999816,39	Escarpe de abanico aluvial reciente
GMF_51	4930495,64	1999991,02	Escarpe de abanico aluvial reciente
GMF_52	4935196,35	1986338,59	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_53	4939926,23	1990516,47	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_54	4937744,29	1992686,26	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_55	4932731,19	1994084,39	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_56	4932060,15	1994202,79	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_57	4929770,06	1994230,93	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_58	4930194,13	1994257,03	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_59	4930988,28	1994264,37	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_60	4939702,71	1998207,31	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_61	4938848,63	1998631,96	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_62	4936410,98	1999286,74	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_63	4934277,02	1999691,61	Escarpe de terraza de acumulación nivel dos
GMF_64	4932289,17	1985724,97	Escarpe de terraza de acumulación nivel tres
GMF_65	4931595,39	1986558,73	Escarpe de terraza de acumulación nivel tres
GMF_66	4934413,52	1986904,78	Escarpe de terraza de acumulación nivel tres
GMF_67	4934540,57	1986989,35	Escarpe de terraza de acumulación nivel tres
GMF_68	4933341,21	1989214,54	Escarpe de terraza de acumulación nivel tres
GMF_69	4931786,19	1990087,27	Escarpe de terraza de acumulación nivel tres
GMF_70	4933493,29	1985256,25	Escarpe de terraza de acumulación nivel uno
GMF_71	4931605,94	1994345,51	Escarpe de terraza de acumulación nivel uno
GMF_72	4929613,74	1994562,1	Escarpe de terraza de acumulación nivel uno
GMF_73	4928359,7	1994718,85	Escarpe de terraza de acumulación nivel uno

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_74	4930235,19	1995721,72	Escarpe de terraza de acumulación nivel uno
GMF_75	4928835,3	1996875,8	Escarpe de terraza de acumulación nivel uno
GMF_76	4935530,99	1986901,4	Excavaciones
GMF_77	4934893,34	1987701,77	Excavaciones
GMF_78	4936221,65	1999161,05	Excavaciones
GMF_79	4938810,01	1986449,25	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_80	4942448,93	1988944,99	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_81	4928348,08	1994669,88	Escarpe de terraza de acumulación nivel uno
GMF_82	4937389,86	1994911,56	Plano de terraza de acumulación nivel dos
GMF_83	4945359,24	1994996,51	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_84	4943377,88	1996712,08	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_85	4943231,99	1996925,14	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_86	4937092,74	1994025,09	Isla
GMF_87	4936209,03	1994034,35	Isla
GMF_88	4937475,97	1997029,96	Laguna
GMF_89	4934590,83	1985033,58	Meandro abandonado
GMF_90	4944764,46	1986785,81	Meandro abandonado
GMF_91	4943042,86	1986972,13	Meandro abandonado
GMF_92	4942911,41	1987009,71	Meandro abandonado
GMF_93	4939976,57	1985364,32	Orillar
GMF_94	4934733,77	1985449,45	Orillar
GMF_95	4930857,42	1985549,06	Orillar
GMF_96	4939103,44	1986280,83	Orillar
GMF_97	4935684,82	1986299,09	Orillar
GMF_98	4941256,82	1990599,33	Orillar

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_99	4932337,12	1994602,28	Orillar
GMF_100	4928541,05	1995558,29	Orillar
GMF_101	4925711,73	1998038,65	Plano anegadizo de abanico aluvial reciente
GMF_102	4925679,98	1998673,65	Plano anegadizo de abanico aluvial reciente
GMF_103	4928222,76	1999124,37	Plano anegadizo de abanico aluvial reciente
GMF_104	4928373,44	1999216,05	Plano anegadizo de abanico aluvial reciente
GMF_105	4935390,76	1987089,95	Plano anegadizo de terraza dos
GMF_106	4943414,7	1994804,75	Plano anegadizo de terraza dos
GMF_107	4936514,24	1996182,02	Plano anegadizo de terraza dos
GMF_108	4936590,07	1997463,82	Plano anegadizo de terraza dos
GMF_109	4931960,82	1986934,15	Plano anegadizo de terraza tres
GMF_110	4934203,16	1987426,27	Plano anegadizo de terraza tres
GMF_111	4940092,46	1987131,62	Plano anegadizo de terraza uno
GMF_112	4941107,12	1987604,52	Plano anegadizo de terraza uno
GMF_113	4931187,43	1996042,29	Plano anegadizo de terraza uno
GMF_114	4925844,77	1997256,67	Plano anegadizo de terraza uno
GMF_115	4943568,09	1998707,29	Plano anegadizo de terraza uno
GMF_116	4926176,83	1998019,36	Plano de abanico aluvial reciente
GMF_117	4927543,14	1998317,95	Plano de abanico aluvial reciente
GMF_118	4930056,41	1999998,49	Plano de abanico aluvial reciente
GMF_119	4935098,79	1987229,25	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_120	4944561,06	1987251,72	Plano de inundación de drenajes mayores

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_121	4939281,03	1988158,8	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_122	4939237,55	1988195,18	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_123	4929464,3	1992121,58	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_124	4938449,4	1993493,41	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_125	4938382,67	1993819,97	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_126	4936442,57	1994091,43	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_127	4928207,3	1994715,38	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_128	4930424,45	1995088,47	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_129	4927831,9	1995738,42	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_130	4926453,58	1995861,21	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_131	4935334,82	1999523,62	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_132	4931711,79	1999935,91	Plano de inundación de drenajes mayores
GMF_133	4930399,98	1985767,22	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_134	4931721,32	1985803,47	Plano de Inundación de drenajes menores

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_135	4935384,21	1986466,87	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_136	4935159,32	1986638,85	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_137	4934689,95	1987254,8	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_138	4938879,69	1987270,51	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_139	4943961,11	1987320,68	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_140	4944186,01	1987615,03	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_141	4935225,52	1987784,79	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_142	4941755,19	1988771,96	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_143	4941072,56	1989121,21	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_144	4933507,26	1989667,8	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_145	4931888	1990239,31	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_146	4930231,71	1991930	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_147	4938592,74	1994621,48	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_148	4937838,68	1995954,32	Plano de Inundación de drenajes menores

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_149	4927805	1996070,11	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_150	4928035,19	1996444,76	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_151	4936222,97	1996496,32	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_152	4927303,35	1996584,46	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_153	4929017,53	1996707,65	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_154	4937604,27	1997256,9	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_155	4935701,02	1997487,23	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_156	4926646,06	1997508,52	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_157	4928528,87	1997992,54	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_158	4934908,16	1998187,71	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_159	4925427,65	1998584,06	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_160	4935950,62	1998727,46	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_161	4930528,16	1998889,65	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_162	4929379,87	1999130,42	Plano de Inundación de drenajes menores

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_163	4928412,02	1999277,8	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_164	4929805,85	1999548,46	Plano de Inundación de drenajes menores
GMF_165	4936387,64	1989732,25	Planos y campos de llenos antrópicos
GMF_166	4927922,71	1996049,02	Planos y campos de llenos antrópicos
GMF_167	4925957,02	1996959,85	Planos y campos de llenos antrópicos
GMF_168	4942923,59	1987348,09	Revisión de posible albardón
GMF_169	4944200,88	1994635,59	Revisión de posible albardón
GMF_170	4936843,41	1989590,82	Revisión de posible albardón
GMF_171	4932483,44	1991242,26	Revisión de posible albardón
GMF_172	4943775,26	1994237,55	Revisión de posible albardón
GMF_173	4938247,79	1995431,28	Revisión de posible albardón
GMF_174	4937809,05	1996042,66	Revisión de posible albardón
GMF_175	4935763,51	1997621	Revisión de posible albardón
GMF_176	4927418,1	1998276,1	Revisión de posible albardón
GMF_177	4938590,42	1988946,79	Plano de terraza de acumulación nivel dos
GMF_178	4930018,98	1992159,57	Plano de terraza de acumulación nivel dos
GMF_179	4936635,99	1994676,39	Plano de terraza de acumulación nivel dos
GMF_180	4931227,29	1998835,62	Plano de terraza de acumulación nivel dos
GMF_181	4930918,65	1999283,76	Plano de terraza de acumulación nivel dos
GMF_182	4932407,97	1985939,73	Plano de terraza de acumulación nivel tres

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GMF_183	4934451,89	1987126,07	Plano de terraza de acumulación nivel tres
GMF_184	4941003,04	1988210,32	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_185	4930562,71	1991963,24	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_186	4932364,76	1994361,14	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_187	4933571,56	1994996,41	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_188	4931084,57	1995401,8	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_189	4931370,46	1996271,81	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_190	4930907,7	1998682,57	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_191	4943979,26	1999288,46	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_192	4945459,55	1999301,3	Plano de terraza de acumulación nivel uno
GMF_193	4937679,57	1995713,18	Laguna
GMF_194	4938039,95	1995169,6	Laguna

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 1-19 Puntos de control de procesos morfodinámicos planeados en fase pre-campo.

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	NORTE	ESTE	
MORF_1	1985416,56	4930476,77	dinámica fluvial
MORF_2	1985468,95	4930763,32	dinámica fluvial
MORF_3	1985671,82	4929526,98	dinámica fluvial
MORF_4	1986363,06	4935543,24	dinámica fluvial
MORF_5	1986600,4	4935468,63	dinámica fluvial
MORF_6	1988375,03	4940964,59	dinámica fluvial
MORF_7	1989749,92	4936695,06	dinámica fluvial
MORF_8	1989826,51	4942075,07	dinámica fluvial
MORF_9	1989869,11	4941862,87	dinámica fluvial
MORF_10	1990829,08	4933570,9	dinámica fluvial

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	NORTE	ESTE	
MORF_11	1990995,15	4932516,97	dinámica fluvial
MORF_12	1991296,78	4932257,67	dinámica fluvial
MORF_13	1992002,91	4930167,27	dinámica fluvial
MORF_14	1992042,34	4930363,18	dinámica fluvial
MORF_15	1992052,47	4930041,91	dinámica fluvial
MORF_16	1993744,47	4945803,48	dinámica fluvial
MORF_17	1993984,86	4937266,89	dinámica fluvial
MORF_18	1994030,07	4936613,28	dinámica fluvial
MORF_19	1994048,21	4945368,5	dinámica fluvial
MORF_20	1994397,14	4937010,68	dinámica fluvial
MORF_21	1995483,04	4928617,15	dinámica fluvial
MORF_22	1995502,09	4929273,32	dinámica fluvial
MORF_23	1995624,48	4943961,48	dinámica fluvial
MORF_24	1996216,33	4943410,88	dinámica fluvial
MORF_25	1999111,76	4939179,12	dinámica fluvial
MORF_26	1999372,31	4946026,38	dinámica fluvial
MORF_27	2000054,21	4934941,55	dinámica fluvial
MORF_28	1985144,43	4939900,72	erosión fluvial
MORF_29	1992002,91	4930167,27	erosión fluvial
MORF_30	1993819,97	4938382,67	erosión fluvial
MORF_31	1994987,89	4944697,43	erosión fluvial
MORF_32	1999041,05	4938769,44	erosión fluvial
MORF_33	1999372,31	4946026,38	erosión fluvial
MORF_34	1999583,51	4944976,67	remoción en masa
MORF_35	1986240,27	4938552,17	sedimentación aluvial
MORF_36	1986338,59	4935196,35	sedimentación aluvial
MORF_37	1986348,08	4945395,99	sedimentación aluvial
MORF_38	1986582,9	4945078,49	sedimentación aluvial
MORF_39	1987229,25	4935098,79	sedimentación aluvial
MORF_40	1988210,32	4941003,04	sedimentación aluvial
MORF_41	1989671,39	4937283,52	sedimentación aluvial
MORF_42	1990001,79	4941725,75	sedimentación aluvial
MORF_43	1990207,72	4936095,72	sedimentación aluvial

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	NORTE	ESTE	
MORF_44	1991963,24	4930562,71	sedimentación aluvial
MORF_45	1992002,91	4930167,27	sedimentación aluvial
MORF_46	1993819,97	4938382,67	sedimentación aluvial
MORF_47	1993854,2	4937603,05	sedimentación aluvial
MORF_48	1994091,43	4936442,57	sedimentación aluvial
MORF_49	1994452,59	4935948,08	sedimentación aluvial
MORF_50	1994750,93	4932799,07	sedimentación aluvial
MORF_51	1995088,47	4930424,45	sedimentación aluvial
MORF_52	1996630,83	4942524,41	sedimentación aluvial
MORF_53	1997473,74	4935688,32	sedimentación aluvial
MORF_54	1997818,36	4936793,8	sedimentación aluvial
MORF_55	1998310,8	4940172,78	sedimentación aluvial
MORF_56	1999088,35	4939396,49	sedimentación aluvial
MORF_57	1999389,91	4943298,21	sedimentación aluvial
MORF_58	1999916,07	4936186,14	sedimentación aluvial
MORF_59	1999977,76	4930394,25	sedimentación aluvial
MORF_60	2000040,81	4934930,45	sedimentación aluvial
MORF_61	1985256,25	4933493,29	sedimentación coluvioaluvial
MORF_62	1985538,93	4930857,64	sedimentación coluvioaluvial
MORF_63	1990906,71	4934004,38	sedimentación coluvioaluvial
MORF_64	1997256,67	4925844,77	sedimentación coluvioaluvial
MORF_65	1998111,63	4926650,17	sedimentación coluvioaluvial
MORF_66	1986118,25	4935853,69	socavación lateral
MORF_67	1988158,8	4939281,03	socavación lateral
MORF_68	1988195,18	4939237,55	socavación lateral
MORF_69	1993402,46	4935554,79	socavación lateral
MORF_70	1993493,41	4938449,4	socavación lateral

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	NORTE	ESTE	
MORF_71	1993666,38	4938197,26	socavación lateral
MORF_72	1996226,52	4943408,26	socavación lateral
MORF_73	1998906,63	4939590,4	socavación lateral
MORF_74	1990040,63	4936555,11	surcos
MORF_75	1990552,72	4941448,94	surcos
MORF_76	1990829,08	4933570,9	surcos

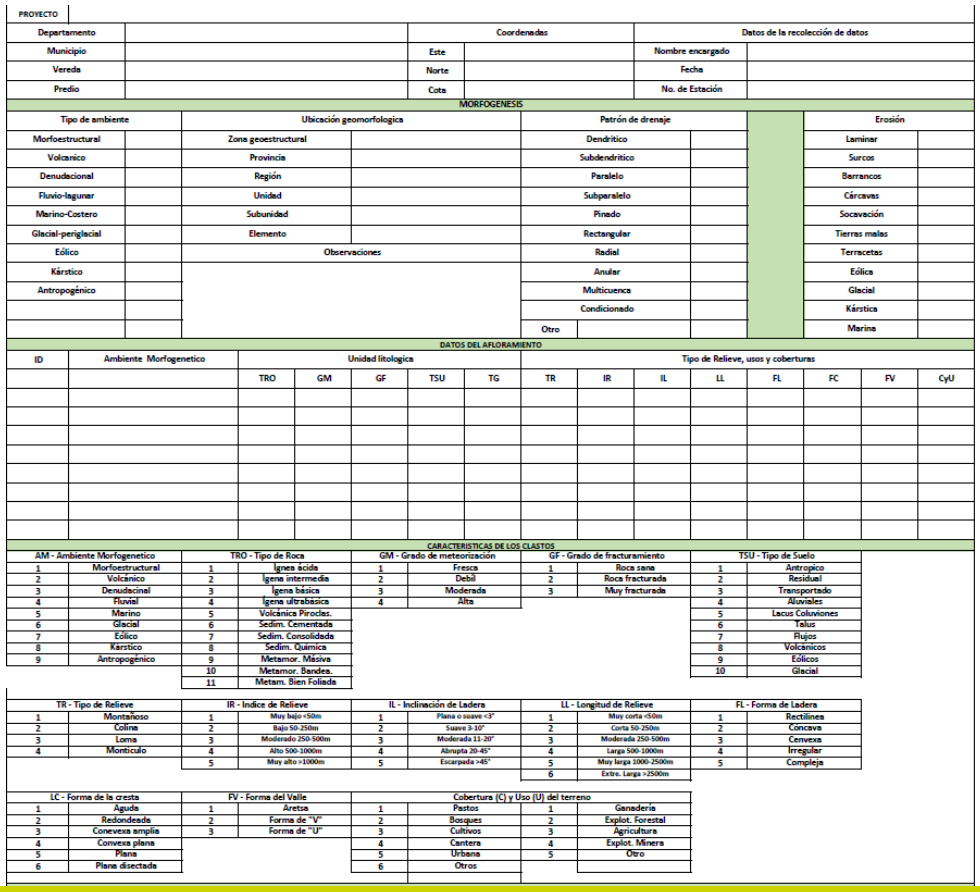
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- **Etapa de campo**

La etapa de caracterización geomorfológica en campo se desarrolló entre el 27 de marzo y el 15 de abril de 2025, identificando las características geomorfológicas y morfodinámicas del área donde se enmarca el proyecto siguiendo la metodología propuesta por Carvajal (2012).

El levantamiento de la información en campo se realizó de manera sistemática a través del diligenciamiento de dos tipos formatos:

El primer tipo de formato corresponde a la caracterización geomorfológica por morfogénesis y morfometría (**Figura 1-57**), cuyas estaciones se localizan de forma tal que se abarcara la totalidad de componentes geomorfológicos identificados en la etapa pre-campo. Además, la distribución de estaciones de control de componentes geomorfológicos se orientó en dar la mayor cobertura posible al área de estudio, en un esfuerzo por soportar los criterios definitivos para construir la cartografía temática geomorfológica a escala 1:10.000.



PROYECTO					
Departamento		Coordenadas		Datos de la recolección de datos	
Municipio		Este		Nombre encargado	
Vereda		Norte		Fecha	
Predio		Cota		No. de Estación	

MORFOGENESIS

Tipo de ambiente		Ubicación geomorfologica		Patrón de drenaje			Erosión	
Morfoestructural		Zona geoestructural		Dendritico			Laminar	
Volcanico		Provincia		Subdendritico			Surcos	
Denudacional		Región		Paralelo			Barrancos	
Fluvio-lagunar		Unidad		Subparalelo			Cárcavas	
Marino-Costero		Subunidad		Pinado			Socavación	
Glacial-periglacial		Elemento		Rectangular			Tierras malas	
Eólico		Observaciones		Radial			Terracetas	
Kárstico				Anular			Eólica	
Antropogénico				Multicuenca			Glacial	
				Condicionado			Kárstica	
				Otro			Marina	

DATOS DEL AFLORAMIENTO

ID	Ambiente Morfogenetico	Unidad litologica					Tipo de Relieve, usos y coberturas							
		TRO	GM	GF	TSU	TG	TR	IR	IL	LL	FL	FC	FV	CyU

CARACTERISTICAS DE LOS CLASTOS

AM - Ambiente Morfogenetico		TRO - Tipo de Roca		GM - Grado de meteorización		GF - Grado de fracturamiento		TSU - Tipo de Suelo	
1	Morfoestructural	1	Ígnea ácida	1	Fresca	1	Roca sana	1	Antropico
2	Volcánico	2	Ígena intermedia	2	Debil	2	Roca fracturada	2	Residual
3	Denudacional	3	Ígena básica	3	Moderada	3	Muy fracturada	3	Transportado
4	Fluvial	4	Ígena ultrabásica	4	Alta			4	Aluviales
5	Marino	5	Volcánica Piroclas.					5	Lacus Coluviones
6	Glacial	6	Sedim. Cementada					6	Talus
7	Eólico	7	Sedim. Consolidada					7	Flujos
8	Kárstico	8	Sedim. Química					8	Volcánicos
9	Antropogénico	9	Metamor. Másiva					9	Eólicos
		10	Metamor. Bandea.					10	Glacial
		11	Metam. Bien Foliada						

TR - Tipo de Relieve		IR - Indice de Relieve		IL - Inclinación de Ladera		LL - Longitud de Relieve		FL - Forma de Ladera	
1	Montañoso	1	Muy bajo <50m	1	Plana o suave <3°	1	Muy corta <50m	1	Rectilínea
2	Colina	2	Bajo 50-250m	2	Suave 3-10°	2	Corta 50-250m	2	Concava
3	Loma	3	Moderado 250-500m	3	Moderada 11-20°	3	Moderada 250-500m	3	Convexa
4	Monticulo	4	Alto 500-1000m	4	Abrupta 20-45°	4	Larga 500-1000m	4	Irregular
		5	Muy alto >1000m	5	Escarpada >45°	5	Muy larga 1000-2500m	5	Compleja
						6	Extre. Larga >2500m		

LC - Forma de la cresta		FV - Forma del Valle		Cobertura (C) y Uso (U) del terreno			
1	Aguda	1	Aretsa	1	Pastos	1	Ganadería
2	Redondeada	2	Forma de "V"	2	Bosques	2	Explot. Forestal
3	Convexa amplia	3	Forma de "U"	3	Cultivos	3	Agricultura
4	Convexa plana			4	Cantera	4	Explot. Minera
5	Plana			5	Urbana	5	Otro
6	Plana disectada			6	Otros		

Figura 1-57 Formato de recolección de datos información geomorfológica en campo
Fuente: SGI S.A.S, 2025

El número de puntos de control tomados en campo para caracterizar los componentes geomorfológicos se incrementa a 448, respecto a los 194 planeados en fase pre-campo (**Tabla 1-20**). Lo anterior debido a que los puntos planeados en campo eran un estimado de los sectores representativos, pero a medida que avanzó el campo, tomo mayor relevancia el contar con más información directamente tomada en campo, puesto que la complejidad de la zona lo ameritaba.

Tabla 1-20 Puntos de control de componentes geomorfológicos tomados en fase de campo.

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_001	4943663,88	1987931,05	vega (Fv)
GEOM_002	4944016,02	1987878,17	vega (Fv)
GEOM_003	4944118,55	1987666,88	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_004	4944445,73	1987293,95	vega (Fv)
GEOM_005	4944496,22	1987311,79	cauce aluvial (Fca)
GEOM_006	4943907,5	1999853,73	cauce aluvial (Fca)
GEOM_007	4944610,08	1986838,98	canal artificial (Aca)
GEOM_008	4944755,13	1986761,18	meandro abandonado (Fma)
GEOM_009	4944754,87	1986776,47	meandro abandonado (Fma)
GEOM_010	4944532,14	1986719,32	plano anegadizo de terraza nivel uno (Fpa1)

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_011	4944533,03	1986665,37	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_012	4935925,72	1999377,96	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_013	4935869,26	1999566,03	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_014	4935735,11	1999740,71	isla (Fi)
GEOM_015	4935692,77	2000118,48	cauce aluvial (Fca)
GEOM_016	4935806,63	1999663,23	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_017	4936164,84	1999893,07	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_018	4936179,79	1999907,48	barras compuestas (Fbc)
GEOM_019	4936165,26	1999956,98	barras compuestas (Fbc)
GEOM_020	4936125,74	2000035,83	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_021	4936003,55	2000115,82	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_022	4927826,66	2000981,80	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_023	4927810,03	2001008,90	componentes rellenos antrópicos para vías (Arv).
GEOM_024	4927427,01	2000470,89	componentes rellenos antrópicos para vías (Arv).
GEOM_025	4927304,74	2000196,76	cauce aluvial (Fca)
GEOM_026	4927215,11	1999913,41	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_027	4927204,52	1999765,10	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_028	4927081,22	1999447,49	cauce aluvial (Fca)
GEOM_029	4926967,95	1999361,56	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_030	4926832,33	1999366,11	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_031	4924953,62	1999131,71	vega (Fv)
GEOM_032	4923928	1998110,54	componentes rellenos antrópicos para vías (Arv).
GEOM_033	4930256,1	2000014,72	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_034	4930298,6	2000086,54	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_035	4930392,75	2000082,70	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_036	4930550,75	2000057,40	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_037	4930531,84	2000003,46	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_038	4930575,45	1999950,01	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_039	4930471,75	2000018,42	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_040	4930174,9	2000003,73	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_041	4932130,1	1999930,43	vega (Fv)
GEOM_042	4943967,45	1997417,48	vega (Fv)
GEOM_043	4932119,92	1999929,88	plano de inundación (Fpi)
GEOM_044	4939502,91	1991707,44	plano anegadizo de terraza nivel dos (Fpa2).
GEOM_045	4932057,37	2000087,77	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_046	4932203,65	2000099,43	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_047	4935027,54	1999526,48	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_048	4934965,21	1999519,71	cauce aluvial (Fca)
GEOM_049	4934930,61	1999507,76	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_050	4934933,39	1999503,71	vega (Fv)
GEOM_051	4932886,29	1989693,40	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_052	4932848,69	1989995,45	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_053	4932849,67	1990217,73	cauce aluvial (Fca)
GEOM_054	4932890,05	1990286,58	cuerpo de abanico aluvial (Faa).

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_055	4933507,51	1990869,75	cauce aluvial (Fca)
GEOM_056	4933492,49	1990814,69	plano de inundación (Fpi)
GEOM_057	4933567,53	1991780,42	Excavaciones para cuerpos de agua artificiales (Asej)
GEOM_058	4933704,58	1992023,75	canal artificial (Aca)
GEOM_059	4934360,45	1992544,64	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_060	4938568,82	1988873,29	cauce aluvial (Fca)
GEOM_061	4938558,13	1988920,62	barras compuestas (Fbc)
GEOM_062	4938558,87	1988930,75	barras compuestas (Fbc)
GEOM_063	4938518,25	1989040,91	barras compuestas (Fbc)
GEOM_064	4938499,04	1989075,54	cauce aluvial (Fca)
GEOM_065	4938424,55	1989150,36	cauce aluvial (Fca)
GEOM_066	4938396,45	1989183,34	cauce aluvial (Fca)
GEOM_067	4938284,2	1989218,41	plano de inundación (Fpi)
GEOM_068	4938158,43	1989225,30	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_069	4937981,78	1989240,49	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_070	4937943,49	1989209,42	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_071	4937892,08	1989505,96	cauce aluvial (Fca)
GEOM_072	4938020,34	1989623,18	cauce aluvial (Fca)
GEOM_073	4938076,18	1989589,44	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_074	4937854,42	1989620,90	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_075	4936959,8	1989694,06	plano de inundación (Fpi)
GEOM_076	4936959,98	1989693,51	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_077	4936696,44	1989745,06	cauce aluvial (Fca)
GEOM_078	4936746,84	1989883,15	plano de inundación (Fpi)
GEOM_079	4936272,26	1989664,87	plano de inundación (Fpi)
GEOM_080	4939160,63	1988452,83	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_081	4930960,15	1998740,51	vega (Fv)
GEOM_082	4935917,94	1998734,68	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_083	4934945,67	1998310,70	canal artificial (Aca)
GEOM_084	4934970,24	1998277,35	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_085	4935693,5	1997639,64	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_086	4935668,17	1997649,60	vega (Fv)
GEOM_087	4935676,01	1997488,45	vega (Fv)
GEOM_088	4936573,38	1997486,91	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_089	4936575,78	1997480,83	Laguna (Flg).
GEOM_090	4936557,85	1997493,18	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_091	4937679,8	1997281,55	canal artificial (Aca)
GEOM_092	4939081,2	1991985,99	plano anegadizo de terraza nivel dos (Fpa2).
GEOM_093	4937597,28	1997241,64	vega (Fv)
GEOM_094	4937409,01	1996983,21	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_095	4937817,11	1996034,87	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_096	4937450,28	1994843,60	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_097	4931851,69	1994868,37	cauce aluvial (Fca)

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_098	4931843,16	1994834,86	cauce aluvial (Fca)
GEOM_099	4931827,45	1994721,42	cauce aluvial (Fca)
GEOM_100	4931982,9	1994725,37	isla (Fi)
GEOM_101	4931922,26	1994759,85	cauce aluvial (Fca)
GEOM_102	4931907,29	1994769,81	barras compuestas (Fbc)
GEOM_103	4931376	1995388,43	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_104	4930901,28	1995715,86	relleno de escombros (Are)
GEOM_105	4931017	1995889,81	Excavaciones para cuerpos de agua artificiales (Asej)
GEOM_106	4931026,3	1995948,00	Excavaciones para cuerpos de agua artificiales (Asej)
GEOM_107	4931111,55	1996026,32	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_108	4931793,79	1996101,75	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_109	4932041,59	1996058,66	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_110	4932088,56	1996045,92	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_111	4930481,88	1995558,45	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_112	4930481,88	1995558,45	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_113	4930509,8	1995572,33	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_114	4930014,85	1993857,04	Excavaciones para cuerpos de agua artificiales (Asej)
GEOM_115	4930243,16	1994191,67	componente rellenos antrópicos para vías (Arv).
GEOM_116	4930283,66	1994178,01	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_117	4929623,2	1994459,73	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_118	4929576,8	1994448,91	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_119	4930443,91	1994778,45	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_120	4930450,22	1994802,20	plano anegadizo de terraza nivel uno (Fpa1)
GEOM_121	4930426,58	1994851,39	plano anegadizo de terraza nivel uno (Fpa1)
GEOM_122	4930356,99	1995030,08	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_123	4930359,97	1995059,55	cauce aluvial (Fca)
GEOM_124	4930390,68	1995066,52	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_125	4930390,12	1995057,13	cauce aluvial (Fca)
GEOM_126	4930413,15	1995184,37	cauce aluvial (Fca)
GEOM_127	4930359,53	1995211,48	cauce aluvial (Fca)
GEOM_128	4930293,72	1995254,26	cauce aluvial (Fca)
GEOM_129	4930227,65	1995304,82	barras compuestas (Fbc)
GEOM_130	4939102,86	1992161,69	plano anegadizo de terraza nivel dos (Fpa2)
GEOM_131	4930257,33	1995251,55	barras compuestas (Fbc)
GEOM_132	4930413,24	1995183,40	barras compuestas (Fbc)
GEOM_133	4929582,9	1996181,69	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_134	4929038,94	1996403,47	vega (Fv)
GEOM_135	4928268,76	1996129,30	plano de terraza de acumulación nivel tres (Fta3).
GEOM_136	4928283,69	1996070,17	plano anegadizo de terraza nivel tres (Fpa3).
GEOM_137	4928327,49	1995788,00	escarpe de terraza nivel tres (Ftae3).
GEOM_138	4928280,71	1995805,53	escarpe de terraza nivel tres (Ftae3).
GEOM_139	4928289,2	1995773,10	escarpe de terraza nivel tres (Ftae3).

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_140	4928280,26	1995704,98	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_141	4928350,16	1995686,51	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_142	4928348,12	1995672,88	vega (Fv)
GEOM_143	4928180,09	1995559,38	barras compuestas (Fbc)
GEOM_144	4928264,64	1996307,57	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_145	4926553,38	1996699,35	Rellenos antrópicos para vias (Ar)
GEOM_146	4924848,33	1997436,65	plano de terraza de acumulación nivel tres (Fta3).
GEOM_147	4938716,7	1994065,77	escarpe de terraza nivel tres (Ftae3).
GEOM_148	4938694,29	1994011,05	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_149	4938662,44	1993953,47	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_150	4938512,04	1993761,50	plano de inundación (Fpi)
GEOM_151	4938413,73	1993484,40	cauce aluvial (Fca)
GEOM_152	4938460,18	1993523,78	plano de inundación (Fpi)
GEOM_153	4938405,62	1993807,60	cauce aluvial (Fca)
GEOM_154	4935976,11	1995185,13	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_155	4935849,13	1995119,65	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_156	4935828,57	1995068,65	escarpe de terraza dos (Ftae2)
GEOM_157	4935827,63	1995048,21	vega (Fv)
GEOM_158	4935892,99	1994882,24	vega (Fv)
GEOM_159	4945718,28	1998308,09	barras compuestas (Fbc)
GEOM_160	4935906,13	1994899,17	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_161	4935905,77	1994918,32	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_162	4935855,79	1995126,98	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_163	4936148,76	1995118,52	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_164	4930913,82	1999347,36	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_165	4936318,99	1999218,57	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_166	4938718,58	1998537,37	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_167	4938945,5	1998532,43	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_168	4938980,83	1998540,33	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_169	4939000,26	1998544,55	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_170	4932206,03	1985919,94	excavaciones para acuicultura (Asea).
GEOM_171	4938974,03	1998597,85	plano de inundación (Fpi)
GEOM_172	4938859,39	1998916,28	plano de inundación (Fpi)
GEOM_173	4938859,43	1998980,19	barra puntual (Fbp)
GEOM_174	4938856,1	1998981,29	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_175	4938670,79	1998990,62	isla (Fi)
GEOM_176	4938858,64	1992218,79	plano anegadizo de terraza nivel dos (Fpa2)
GEOM_177	4938608,09	1998697,11	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_178	4938608	1998667,32	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_179	4942229,09	1996421,12	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_180	4943869,03	1999538,66	orillar (For)-cuenca de decantación (Fcd)
GEOM_181	4943982,76	1995595,19	cauce aluvial (Fca)
GEOM_182	4944050,43	1995565,86	barras compuestas (Fbc)
GEOM_183	4944054,32	1995568,81	barras compuestas (Fbc)

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_184	4934848,84	1987656,29	Excavaciones para cuerpos de agua artificiales (Asej)
GEOM_185	4935028,22	1987599,44	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_186	4935144,98	1987878,55	vega (Fv)
GEOM_187	4935175,4	1987887,67	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_188	4934615,7	1987013,36	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_189	4927585,13	1996804,57	plano anegadizo de terraza nivel tres (Fpa3).
GEOM_190	4934574,51	1987086,87	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_191	4934598,67	1987263,46	vega (Fv)
GEOM_192	4934592,58	1987273,23	vega (Fv)
GEOM_193	4934609,81	1987254,50	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_194	4934469,84	1987134,64	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_195	4934199,96	1986924,63	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_196	4934219,79	1986901,48	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_197	4934056,46	1987173,97	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_198	4934128,06	1987453,85	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_199	4934144,88	1987440,39	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_200	4935062,66	1986310,11	plano de inundación (Fpi)
GEOM_201	4927549,63	1996436,34	plano anegadizo de terraza nivel tres (Fpa3).
GEOM_202	4935089,07	1986290,56	plano de inundación (Fpi)
GEOM_203	4935091,68	1986276,75	barras compuestas (Fbc)
GEOM_204	4935191,04	1986320,15	meandro abandonado (Fma)
GEOM_205	4935250,97	1986316,24	barra puntual (Fbp)
GEOM_206	4935080,02	1987234,77	vega (Fv)
GEOM_207	4929305,81	1991603,29	plano de inundación (Fpi)
GEOM_208	4929408,62	1991990,64	vega (Fv)
GEOM_209	4929252,02	1985668,59	cauce aluvial (Fca)
GEOM_210	4929274,21	1985698,04	cauce aluvial (Fca)
GEOM_211	4929368,87	1985662,04	cauce aluvial (Fca)
GEOM_212	4929277,7	1985662,13	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_213	4929530,92	1985827,45	plano anegadizo de terraza nivel uno (Fpa1)
GEOM_214	4929468,98	1985872,09	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_215	4929467,5	1985873,77	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_216	4930081,51	1985755,68	vega (Fv)
GEOM_217	4930134,93	1985750,65	plano de inundación (Fpi)
GEOM_218	4930133,26	1985754,15	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_219	4930161,97	1985804,59	cauce aluvial (Fca)
GEOM_220	4930160,68	1985804,41	cauce aluvial (Fca)
GEOM_221	4930155,32	1985817,12	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_222	4930155,14	1985815,65	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_223	4930173,51	1985652,47	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_224	4930171,11	1985649,15	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_225	4930177,01	1985630,18	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_226	4930179,56	1985568,48	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_227	4930132,92	1985537,21	cauce aluvial (Fca)
GEOM_228	4930146,8	1985551,56	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_229	4930342,79	1985438,16	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_230	4930368,87	1985436,67	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_231	4930354,81	1985431,34	cauce aluvial (Fca)
GEOM_232	4930386,22	1985431,54	escarpe de terraza dos (Ftae2)
GEOM_233	4930392,91	1985425,05	cauce aluvial (Fca)
GEOM_234	4930551,42	1985408,17	cauce aluvial (Fca)
GEOM_235	4930564,75	1985413,87	plano de inundación (Fpi)
GEOM_236	4930649,83	1985441,77	cauce aluvial (Fca)
GEOM_237	4930608,82	1985480,87	cauce aluvial (Fca)
GEOM_238	4930590,5	1985469,47	cauce aluvial (Fca)
GEOM_239	4930582,91	1985468,18	escarpe de terraza nivel uno (Ftae1)
GEOM_240	4930627,33	1985502,41	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_241	4930669,7	1985516,37	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_242	4930725,38	1985511,54	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_243	4930747,36	1985475,06	cauce aluvial (Fca)
GEOM_244	4930604,82	1985581,80	plano de inundación (Fpi)
GEOM_245	4930468,05	1985727,20	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_246	4930446,06	1985761,29	meandro abandonado (Fma)
GEOM_247	4930345,44	1985762,65	plano de inundación (Fpi)
GEOM_248	4930346,54	1985757,31	cauce aluvial (Fca)
GEOM_249	4930115,32	1985749,19	cauce aluvial (Fca)
GEOM_250	4931135,42	1986707,93	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_251	4927491,39	1996569,56	plano anegadizo de terraza nivel tres (Fpa3).
GEOM_252	4937365,02	1991836,13	vega (Fv)
GEOM_253	4937827,86	1992499,71	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_254	4937820,87	1992551,10	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_255	4937801,57	1992737,85	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_256	4937826,37	1992755,88	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_257	4937845,07	1992736,31	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_258	4937901	1992898,92	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_259	4944307,05	1997199,03	vega (Fv)
GEOM_260	4933277,56	1991825,82	excavaciones para acuicultura (Asea).
GEOM_261	4938074,45	1993107,83	plano anegadizo de terraza nivel uno (Fpa1)
GEOM_262	4938114,76	1993095,65	plano anegadizo de terraza nivel uno (Fpa1)
GEOM_263	4938191,78	1993029,00	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_264	4938189,62	1993018,62	vega (Fv)
GEOM_265	4938373,34	1993383,50	plano anegadizo de terraza nivel uno (Fpa1)
GEOM_266	4938383,71	1993395,47	plano de inundación (Fpi)
GEOM_267	4938390,76	1993427,51	barra puntual (Fbp)
GEOM_268	4938340,27	1993431,04	barra puntual (Fbp)
GEOM_269	4938326,24	1993192,93	plano anegadizo de terraza nivel uno (Fpa1)
GEOM_270	4938191,62	1992969,08	cauce aluvial (Fca)

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_271	4938099,05	1992828,44	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_272	4938078,87	1992804,70	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_273	4938035,73	1992736,04	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_274	4938030,01	1992763,48	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_275	4937965,27	1992753,39	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_276	4937970,52	1992586,73	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_277	4944533,92	1996825,59	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_278	4937671,59	1992253,78	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_279	4937809,36	1991387,21	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_280	4938037,29	1991193,32	Laguna (Flg).
GEOM_281	4937054,67	1991324,23	vega (Fv)
GEOM_282	4937073,36	1991323,44	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_283	4933717,56	1992060,70	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_284	4933738,29	1992090,58	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_285	4933700,31	1992010,31	canal artificial (Aca)
GEOM_286	4931944,19	1991879,72	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_287	4932051,77	1992043,91	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_288	4932227,48	1992549,49	canal artificial (Aca)
GEOM_289	4932506,44	1992851,87	canal artificial (Aca)
GEOM_290	4932747,61	1992829,04	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_291	4933005,85	1992871,58	canal artificial (Aca)
GEOM_292	4933046	1992894,39	canal artificial (Aca)
GEOM_293	4933065,87	1993264,91	canal artificial (Aca)
GEOM_294	4932995,18	1993469,38	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_295	4932456,71	1992623,54	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_296	4932025,09	1991721,65	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_297	4932002,14	1991708,41	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_298	4931995,72	1991773,97	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_299	4931949,99	1991724,83	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_300	4933501,39	1990848,02	plano de inundación (Fpi)
GEOM_301	4933499,52	1990829,05	plano de inundación (Fpi)
GEOM_302	4933493,33	1990787,33	plano de inundación (Fpi)
GEOM_303	4933142,67	1990492,48	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_304	4939048,61	1993825,37	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_305	4938983,22	1993769,65	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_306	4938958,42	1993755,67	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_307	4938956,75	1993750,33	cuenca de decantación (Fcd)
GEOM_308	4938884,77	1993692,37	cuenca de decantación (Fcd)
GEOM_309	4938881,62	1993690,71	plano de inundación (Fpi)
GEOM_310	4931880,66	1985409,23	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_311	4932099,97	1985315,51	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_312	4932468,11	1985108,99	cauce aluvial (Fca)
GEOM_313	4932484,77	1985126,84	cauce aluvial (Fca)
GEOM_314	4932400,72	1985288,59	vega (Fv)

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_315	4932399,43	1985287,49	vega (Fv)
GEOM_316	4932402,36	1985291,69	vega (Fv)
GEOM_317	4932438,11	1985320,98	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_318	4932507,07	1985271,76	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_319	4932915,2	1985370,55	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_320	4932966,04	1985331,84	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_321	4932311,97	1985333,59	vega (Fv)
GEOM_322	4932527,05	1985417,04	Rellenos antrópicos para vias (Ar)
GEOM_323	4933298,85	1985647,25	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_324	4933346,48	1985256,80	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_325	4933405,68	1985266,89	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_326	4933602,08	1985205,05	plano de inundación (Fpi)
GEOM_327	4933645,67	1985121,04	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_328	4933624,96	1985132,48	cauce aluvial (Fca)
GEOM_329	4933509,33	1985092,78	cauce aluvial (Fca)
GEOM_330	4933564,05	1985052,39	cauce aluvial (Fca)
GEOM_331	4933664,93	1985054,90	cauce aluvial (Fca)
GEOM_332	4933758,5	1985054,52	barras compuestas (Fbc)
GEOM_333	4933839,23	1985036,01	cauce aluvial (Fca)
GEOM_334	4934102,5	1985084,25	cauce aluvial (Fca)
GEOM_335	4934471,66	1984953,80	plano de inundación (Fpi)
GEOM_336	4934578,6	1984997,31	cauce aluvial (Fca)
GEOM_337	4934582,5	1985023,67	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_338	4934586,41	1985052,25	meandro abandonado (Fma)
GEOM_339	4934605,48	1985077,83	meandro abandonado (Fma)
GEOM_340	4934698,16	1985083,25	plano de inundación (Fpi)
GEOM_341	4934682,64	1985377,04	cauce aluvial (Fca)
GEOM_342	4934713,17	1985398,94	plano de inundación (Fpi)
GEOM_343	4934794,74	1985395,93	plano de inundación (Fpi)
GEOM_344	4934867,93	1985310,25	barras compuestas (Fbc)
GEOM_345	4934896,49	1985378,61	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_346	4934729,95	1985502,72	barra puntual (Fbp)
GEOM_347	4934614,05	1985588,31	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_348	4934623,82	1985610,86	cauce aluvial (Fca)
GEOM_349	4934653,35	1985535,29	cauce aluvial (Fca)
GEOM_350	4934605,22	1985587,64	cauce aluvial (Fca)
GEOM_351	4934643,05	1985643,73	cauce aluvial (Fca)
GEOM_352	4934556,3	1985651,90	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_353	4934522,98	1985610,67	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_354	4934084,57	1985579,30	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_355	4933919,97	1985615,69	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_356	4933475,12	1985632,77	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_357	4932998,96	1985587,61	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_358	4941125,16	1991677,68	cauce aluvial (Fca)

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_359	4941055,95	1991628,37	cauce aluvial (Fca)
GEOM_360	4941013,39	1991591,75	plano de inundación (Fpi)
GEOM_361	4941014,87	1991589,36	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_362	4940999,08	1991489,00	cauce aluvial (Fca)
GEOM_363	4940999,26	1991479,42	barras compuestas (Fbc)
GEOM_364	4940990,86	1991361,38	cauce aluvial (Fca)
GEOM_365	4941072,15	1991214,55	cauce aluvial (Fca)
GEOM_366	4941168,83	1991071,25	cauce aluvial (Fca)
GEOM_367	4941266,97	1990999,70	plano de inundación (Fpi)
GEOM_368	4941266,01	1990998,42	cauce aluvial (Fca)
GEOM_369	4941326,74	1991053,99	cauce aluvial (Fca)
GEOM_370	4941341,56	1991077,00	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_371	4941499,93	1990857,75	cauce aluvial (Fca)
GEOM_372	4941438,46	1990758,71	isla (Fi)
GEOM_373	4941629,42	1990591,93	barras compuestas (Fbc)
GEOM_374	4941614,24	1990568,37	isla (Fi)
GEOM_375	4941559,69	1990588,47	orillar (For)
GEOM_376	4941670,46	1990558,57	cauce aluvial (Fca)
GEOM_377	4941730,24	1990906,23	cauce aluvial (Fca)
GEOM_378	4941659,23	1991353,80	Rellenos antrópicos para vias (Ar)
GEOM_379	4934485,77	1988743,83	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_380	4939235,99	1986293,32	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_381	4939191,39	1986257,07	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_382	4939155,31	1986237,76	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_383	4939041,37	1986230,17	barras compuestas (Fbc)
GEOM_384	4939030,5	1986212,86	cauce aluvial (Fca)
GEOM_385	4938999,58	1986216,25	cauce aluvial (Fca)
GEOM_386	4938996,05	1986216,03	cauce aluvial (Fca)
GEOM_387	4938831,87	1986090,87	cauce aluvial (Fca)
GEOM_388	4939079,85	1986254,93	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_389	4939069,53	1986317,56	plano de terraza de acumulación nivel dos (Fta2).
GEOM_390	4939064,54	1986319,58	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_391	4939125,34	1986238,15	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_392	4939338,52	1986454,10	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_393	4940189,33	1985471,17	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_394	4939913,33	1985681,85	cauce aluvial (Fca)
GEOM_395	4931235,42	1985734,24	relleno para explotación de hidrocarburos (Arh).
GEOM_396	4945654,44	1997552,97	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_397	4939853,2	1985371,02	meandro abandonado (Fma)
GEOM_398	4939920,36	1985386,08	meandro abandonado (Fma)
GEOM_399	4939960,87	1985388,08	meandro abandonado (Fma)
GEOM_400	4940067,61	1985288,73	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_401	4940027,91	1985244,95	meandro abandonado (Fma)
GEOM_402	4939870,74	1985317,60	orillar (For)

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_403	4939826,73	1985424,28	cauce aluvial (Fca)
GEOM_404	4940456,13	1985825,33	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_405	4940737,38	1986353,23	cauce aluvial (Fca)
GEOM_406	4940730,85	1986764,55	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_407	4940467,4	1986961,22	canal artificial (Aca)
GEOM_408	4940166,68	1987038,20	Laguna (Flg).
GEOM_409	4940126,6	1987117,97	Laguna (Flg).
GEOM_410	4940197,34	1986966,18	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_411	4941254,47	1987603,26	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_412	4941243,94	1987626,10	Excavaciones para cuerpos de agua artificiales (Asej)
GEOM_413	4941910,9	1988166,56	vega (Fv)
GEOM_414	4941774,48	1988000,90	cauce aluvial (Fca)
GEOM_415	4941474,19	1987560,21	vega (Fv)
GEOM_416	4942202,51	1996627,95	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_417	4942269,1	1996642,82	cauce aluvial (Fca)
GEOM_418	4942274,66	1996666,02	cauce aluvial (Fca)
GEOM_419	4942298,58	1996707,43	plano de inundación (Fpi)
GEOM_420	4932014,44	1989467,32	relleno para explotación de hidrocarburos (Arh).
GEOM_421	4942232,57	1996786,31	orillar (For)
GEOM_422	4942327,2	1996982,56	meandro abandonado (Fma)
GEOM_423	4942285,41	1996988,30	meandro abandonado (Fma)
GEOM_424	4942344,97	1997002,07	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_425	4942328,87	1996982,56	meandro abandonado (Fma)
GEOM_426	4942330,9	1996980,16	orillar (For)
GEOM_427	4942310,16	1996944,45	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_428	4942276,38	1996754,97	orillar (For)
GEOM_429	4941638,73	1996838,98	cuerpo de abanico aluvial (Faa).
GEOM_430	4939667,76	1998030,39	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_431	4934892,35	1992745,56	plano anegadizo de abanico aluvial (Fpaa)
GEOM_432	4935248,42	1992780,30	Laguna (Flg).
GEOM_433	4935551,9	1993438,27	escarpe de abanico aluvial (Fea)
GEOM_434	4935717,89	1993640,01	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_435	4935961,76	1993511,29	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_436	4936213,73	1993582,76	plano de inundación (Fpi)
GEOM_437	4935874,32	1993564,76	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_438	4935881,91	1993576,17	cauce aluvial (Fca)
GEOM_439	4935842,34	1993593,69	cauce aluvial (Fca)
GEOM_440	4935782,06	1993625,60	barra puntual (Fbp)
GEOM_441	4935751,22	1993688,42	cauce aluvial (Fca)
GEOM_442	4936634,05	1994006,04	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_443	4936627,56	1993974,55	isla (Fi)
GEOM_444	4936194,67	1993845,20	isla (Fi)
GEOM_445	4935544,65	1993467,75	escarpe de abanico aluvial (Fea)

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO (SGC)
	ESTE	NORTE	
GEOM_446	4926928,49	1996497,94	Rellenos antrópicos para explotaciòn de hidrocarburos (Aerh)
GEOM_447	4927906,12	1995977,28	escarpe de terraza nivel tres (Ftae3).
GEOM_448	4945766,18	1997984,13	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_449	4945710,83	1998302,35	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_450	4945637,95	1999442,74	plano de terraza de acumulación nivel uno (Fta1).
GEOM_451	4945613,77	1999475,37	cauce aluvial (Fca)
GEOM_452	4945630,73	1998810,90	Rellenos antrópicos para explotaciòn de hidrocarburos (Arh)
GEOM_453	4944432,28	1995690,73	Rellenos antrópicos para explotaciòn de hidrocarburos (Arh)
GEOM_454	4936369,27	1992927,48	relleno para explotación de hidrocarburos (Arh).
GEOM_455	4936187,04	1992859,23	relleno para explotación de hidrocarburos (Arh).
GEOM_456	4943785,63	1995497,48	relleno de tejidos urbanos discontinuos (Aru).
GEOM_457	4938987,75	1989210,04	relleno de tejidos urbanos discontinuos (Aru).
GEOM_458	4935668,12	1999322,53	relleno de zonas industriales y comerciales (Arzi).
GEOM_459	4930510,24	1995774,03	relleno de zonas industriales y comerciales (Arzi).

Fuente: SGI S.A.S, 2025

El segundo tipo de formato corresponde a la caracterización de procesos erosivos y morfodinámica (**Figura 1-58**). Dicha información ha sido recopilada según interpretaciones de imágenes pre-campo y verificada y consolidada en etapa de campo de forma que se pueda construir un registro de los procesos morfodinámicos identificados en campo que se encuentren activos. Por otra parte, se verifican las interpretaciones que se han dado a procesos multitemporales en la etapa pre-campo.



amento				Coordenadas		Datos de la recolección de datos	
icipio				Este		Nombre encargado	
eda				Norte		Fecha	
dio				Cota		No. de Estación	
MORFODINÁMICA				EROSIÓN			
Morfogénetico		Tipo de Proceso		Tipo de erosión			Materiales Involu
pluvial		Morfoestructural		Superficial		Subsuperficial	Erosión por Cauces	Roca
rentía		Denudativo		Laminar		Tubificación	Socavación de fondo	Unidad:
marina		Fluvio-lagunar		Surcos		Cavernas	Socavación lateral	Suelo
terránea		Marino-costero		Carcavas		Otra:		Suelo Residual
cial		Glacial-periglacial		Uso del suelo			Estado del Proceso	Suelo Transportad
nto		Eólico		Cobertura			Incipiente	Suelo Traslocado
edad		Kárstico		Fecha Proceso			Medio	Suelo Volcánico
humana		Antropogénico		Frecuencia			Avanzado	Nivel Freático:
CARACTERÍSTICAS								
de Severidad		Edad		Humedad		Plasticidad	Distribución	
aja		<1 año		Muy Húmedo		Alta	Retrogresivo	Creciente	Lisa
erada		1-5 años		Húmedo		Media	Avanzado	Decreciente	Ondula
lta		6-10 años		Ligeramente Húmedo		Baja	Ensanchado	Móvil	Discont
Alta		>10 años		Seco		No plástico	Confinado		Continu
MORFOMETRÍA								
ud (m)			Profundidad (m)			Ancho (m)		Geoforma	
GEOMORFOLOGIA								
UNIDAD GEOMORFOLÓGICA (AMBIENTE)						PENDIENTE		
udacional		Volcánico			A nivel	0-1%		Ligeramente escarpada	25-5
					Ligeramente plana	1-3%			
Fluvial		Glacial-periglacial			Ligeramente inclinada	3-7%		Moderadamente escarpada	50-7
ársticó		Antrópico			Moderadamente inclinada	7-12%		Fuertemente escarpada	75-1
Marino		Eólico			Fuertemente inclinada	12-15%		Totalmente escarpada	>10

Figura 1-58 Formato de recolección de datos procesos erosivos en campo
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Durante la fase de campo se levantaron 70 puntos de control para la verificación de procesos morfodinámicos, frente a los 76 inicialmente planificados en la fase pre-campo. La reducción obedeció a que algunos procesos asociados a la dinámica fluvial se localizan en sectores con condiciones de acceso riesgoso, lo cual limitó la verificación directa en campo; en estos casos, el control y seguimiento se realizó mediante el análisis de imágenes satelitales multitemporales, garantizando la consistencia de la interpretación.

Tabla 1-21 Puntos de control de procesos morfodinámicos tomados en fase de campo.

No	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO DE PROCESO
		ESTE (m)	NORTE (m)	
1	Morf_01	4936146,24	2000000,82	Deslizamiento
2	Morf_02	4938071,17	1989573,94	Socavación lateral
3	Morf_03	4937609,28	1989518,48	Socavación lateral
4	Morf_04	4928328,61	1995800,15	Deslizamiento
5	Morf_05	4928289,01	1995773,11	Cárcava
6	Morf_06	4938388,94	1993484,04	Socavación lateral
7	Morf_07	4938858,14	1998982,21	Socavación lateral
8	Morf_08	4938735,89	1998977,69	Deslizamiento
9	Morf_09	4944222,34	1995421,98	Socavación lateral

No	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO DE PROCESO
		ESTE (m)	NORTE (m)	
10	Morf_10	4930587,72	1985468,00	Socavación lateral
11	Morf_11	4930607,06	1985602,42	Erosión laminar
12	Morf_12	4930543,48	1985672,82	Cárcava
13	Morf_13	4930544,04	1985674,11	Deslizamiento
14	Morf_14	4930519,82	1985689,23	Erosión laminar
15	Morf_15	4930446,06	1985756,50	Deslizamiento (desgarre)
16	Morf_16	4938120,12	1993087,91	Cárcava
17	Morf_17	4938391,13	1993425,30	Socavación lateral
18	Morf_18	4938351,91	1993426,61	Socavación lateral
19	Morf_19	4932463,46	1985113,65	Erosión laminar
20	Morf_20	4932401,09	1985291,36	Socavación lateral
21	Morf_21	4932609,21	1985314,04	Erosión laminar
22	Morf_22	4933353,88	1985260,48	Erosión laminar
23	Morf_23	4933642,61	1985238,17	Erosión laminar
24	Morf_24	4933644,77	1985158,06	Deslizamiento
25	Morf_25	4933662,33	1985128,58	Deslizamiento
26	Morf_26	4933544,27	1985074,15	Socavación lateral
27	Morf_27	4934671,31	1985042,61	Socavación lateral
28	Morf_28	4934651,89	1985319,97	Socavación lateral
29	Morf_29	4934443,42	1985574,81	Cárcava
30	Morf_30	4940963,52	1991405,23	Socavación lateral
31	Morf_31	4939911,13	1985710,39	Erosión laminar
32	Morf_32	4939953,58	1985559,72	Socavación lateral
33	Morf_33	4939948,56	1985523,63	Socavación lateral
34	Morf_34	4942289,79	1996908,74	Erosión laminar
35	Morf_35	4935828,09	1993590,02	Socavación lateral
36	Morf_36	4936657,19	1994033,65	Socavación lateral
37	Morf_37	4927994,65	1995925,65	Deslizamiento (desgarre)
38	Morf_38	4938158,43	1989225,30	Surcos
39	Morf_39	4938076,18	1989589,44	Deslizamiento
40	Morf_40	4937854,42	1989620,90	Erosión laminar
41	Morf_41	4936959,80	1989694,06	Socavación lateral
42	Morf_42	4930293,72	1995254,26	Erosión laminar
43	Morf_43	4930227,65	1995304,82	Socavación lateral
44	Morf_44	4930257,33	1995251,55	Socavación lateral
45	Morf_45	4928327,49	1995788,00	Socavación lateral
46	Morf_46	4938413,73	1993484,40	Socavación lateral
47	Morf_47	4938859,43	1998980,19	Deslizamiento
48	Morf_48	4935062,66	1986310,11	Socavación lateral
49	Morf_49	4930551,42	1985408,17	Socavación lateral
50	Morf_50	4930590,50	1985469,47	Socavación lateral
51	Morf_51	4930468,05	1985727,20	Socavación lateral
52	Morf_52	4937826,37	1992755,88	Socavación lateral

No	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO DE PROCESO
		ESTE (m)	NORTE (m)	
53	Morf_53	4938390,76	1993427,51	Deslizamiento (desgarre)
54	Morf_54	4933405,68	1985266,89	Erosión laminar
55	Morf_55	4933602,08	1985205,05	Erosión laminar
56	Morf_56	4933509,33	1985092,78	Erosión laminar
57	Morf_57	4933564,05	1985052,39	Deslizamiento
58	Morf_58	4933664,93	1985054,90	Socavación lateral
59	Morf_59	4933839,23	1985036,01	Socavación lateral
60	Morf_60	4934578,60	1984997,31	Socavación lateral
61	Morf_61	4934682,64	1985377,04	Socavación lateral
62	Morf_62	4934713,17	1985398,94	Socavación lateral
63	Morf_63	4934623,82	1985610,86	Socavación lateral
64	Morf_64	4934556,30	1985651,90	Socavación lateral
65	Morf_65	4940990,86	1991361,38	Socavación lateral
66	Morf_66	4938996,05	1986216,03	Surcos
67	Morf_67	4940197,34	1986966,18	Socavación lateral
68	Morf_68	4936634,05	1994006,04	Socavación lateral
69	Morf_69	4927906,12	1995977,28	Erosión laminar
70	Morf_70	4938558,87	1988930,75	Socavación lateral

Fuente: SGI S.A.S, 2025

En total se realizaron 448 puntos de control geomorfológico y 70 puntos de control morfodinámico. Los formatos de campo se encuentran en el B_ANEXO_ABIOTICO/B_2_GEOLOGIA_GEOMORFOLOGIA/ 1_FORMATOS_CAMPO.

- **Etapa Pos-campo**

El procesamiento de la información recolectada durante las dos etapas anteriores permitió construir una cartografía geomorfológica a escala 1:10.000. Las estaciones de control geomorfológico y las estaciones de procesos morfodinámicos permitieron garantizar la respectiva materialidad que de soporte a la interpretación geomorfológica definitiva del área de estudio.

La información recolectada por el componente de geomorfología ha sido trabajada de forma transversal con la información recopilada por los componentes de: geología, suelos, hidrología y coberturas. Puesto que cada uno de los ejes temáticos mencionados previamente, permiten consolidar criterios al ser trabajados en conjunto.

El componente de geología mediante descripciones litológicas soporta dar continuidad a un abanico subreciente en sectores cuya pendiente es casi plana. Las litologías del abanico corresponden con depósitos no consolidados compuestos principalmente por gravas, gravas arenosas y arenas gravosas, que se presentan en estado semiconsolidado y muestran una mala selección granulométrica. Se interpreta como una formación de carácter regional que ha sido incisa por los drenajes actuales. El grado de erosión fluvial es intermedio, ya que los principales cursos de agua han producido una notable erosión, aunque el trazado de los drenajes conserva un patrón meandriforme. Por lo tanto, el cauce no muestra un bajo grado de erosión, como sería típico en un abanico reciente, ni presenta un trazado casi rectilíneo, como se esperaría en un abanico antiguo cuyas formas meandriforme ya se han estabilizado.

El componente de suelos contribuye significativamente a la interpretación de las geoformas, especialmente en sectores puntuales cubiertos por una densa cobertura vegetal, donde el tipo de suelo resulta clave. Puesto que desde sensores remotos y visuales en campo se dificulta diferenciar morfométrica mente los planos de inundación asociados a los principales drenajes y el primer nivel de terrazas, al tener una cobertura vegetal tan densa que no permita diferenciamiento claro de desniveles topográficos. Las observaciones de suelos son fundamentales para respaldar la coherencia entre la geomorfología y el régimen hídrico, ya sea ácuico o údico.

El criterio hidrológico ha sido fundamental en la construcción de la red de drenajes, la cual ha servido como insumo clave para la delimitación de geoformas asociadas a cuerpos de agua. Asimismo, ha permitido respaldar la identificación y caracterización de la vega correspondiente a los drenajes menores, la cual presenta un comportamiento distinto al de los planos de inundación generados por los drenajes mayores. El componente hidrológico también permite revisar los humedales reportados por CORMACARENA y, en conjunto, determinar si corresponden a un plano anegadizo, un plano de inundación o una geoforma antropogénica de tipo excavación.

El componente de coberturas proporciona un soporte importante en la construcción de la geomorfología. En el área de estudio, los sectores identificados por las coberturas como morichales, zonas pantanosas o palmares coinciden con geoformas de planos anegadizos capaces de retener agua. Por lo tanto, la identificación de estas coberturas sirve como una guía valiosa para la revisión y clasificación de los componentes geomorfológicos.

También, el empalme de la geomorfología y la capa final de cartografía base ha permitido incorporar los drenajes dobles, las lagunas y las barras aluviales a la cartografía geomorfológica. Es importante mencionar que debe existir una consistencia entre los componentes antropogénicos y las formas identificadas desde coberturas para vías, piscinas, edificaciones, zonas industriales, etc.

Finalmente, se garantiza que el producto final cartográfico de procesos morfodinámicos, componentes geomorfológicos, unidades litoestratigráficas, coberturas, observaciones hidrológicas y fases de suelo sean consistentes. Dentro de la elaboración de los mapas temáticos se incluye el inventario de procesos morfodinámicos y la susceptibilidad de la zona a presentar procesos erosivos y movimientos en masa. La jerarquización para componentes geomorfológicos desde la fase pre-campo ha tenido las modificaciones respectivas hasta fase post-campo, lo cual se soporta metodológicamente en el presente numeral y se plantea consolidado final de componentes geomorfológicos en etapa Post-campo.

Tabla 1-22 Consolidado final de componentes geomorfológicas en etapa post-campo.

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS											
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Megacuenca de sedimentación	Peneplanicies y llanuras de Orinoquía	Ambiente fluvial	Abanico aluvial	Abanico aluvial subcreciente	Cuerpo de abanico aluvial	Faa	Tipo de relieve caracterizado por ser un depósito de materiales aluviales con configuración triangular y contorno arqueado. Su zona más estrecha se encuentra en la parte alta, extendiéndose ladera abajo en forma radial desde el punto donde el curso de agua abandona el área montañosa. Presenta un perfil topográfico rectilíneo-cóncavo en sentido longitudinal y convexo en sentido transversal, con un patrón de drenaje distributivo que se inicia en el ápice.	149040,70	59,60	7483,91	71,87
					Escarpe de abanico aluvial	Fea	Plano subvertical de longitud muy corta, con forma cóncava o convexa, que se localiza en los bordes de la superficie del abanico. Su origen está asociado a procesos de incisión de la red de drenaje tributaria. Puede alcanzar varios metros de altura, especialmente en las proximidades del ápice del abanico. Su pendiente varía desde moderadamente inclinada (7 – 12 %) hasta ligeramente escarpada (25 – 50 %).	2041,30	0,82	58,34	0,56
					Plano anegadizo de abanico aluvial	Fpaa	Superficie en forma de artesa, casi plana e irregular, con pendiente suave. Se localiza en áreas planas mal-drenadas, y su origen está asociado a procesos de encharcamiento temporal. Se encuentra ubicado sobre el cuerpo del abanico aluvial.	12582,60	5,03	648,79	6,23

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS											
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
					Escarpe de abanico aluvial-estructural	Feas	Plano subvertical de longitud muy corta, con forma cóncava o convexa, que se localiza en los bordes de la superficie del abanico. Debido a que regionalmente la mayor incidencia en su formación se debe a un depósito no consolidado de tipo torrencial se mantiene dentro del ambiente fluvial y dentro de la unidad abanico aluvial, pero al tener un aporte considerable de esfuerzos estructurales se separa a nivel de componente de los escarpes que no tienen influencia de alguna característica estructural. Esta forma de relieve puede alcanzar hasta aproximadamente 10 metros de altura. Su pendiente varía desde moderadamente inclinada (7 – 12 %) hasta ligeramente escarpada (25 – 50%).	56,62	0,02	0,00	0,00
			Llanura de inundación	Llanura de inundación de drenajes menores	Vega	Fv	Comprende las geoformas fluviales menores en forma de "U" o "V" situadas en los drenajes menores del área de influencia. Este componente aparece como superficies estrecha, alargada y profunda, vinculadas a una dinámica fluvial activa. Su pendiente varía desde ligeramente plana (1-3%) hasta moderadamente inclinada (7-12%).	6463,41	2,58	278,02	2,67
				Llanura de inundación de drenajes mayores	Meandro abandonado	Fma	Sección curva perteneciente al cauce antiguo de un río, cuyo origen está relacionado con la migración lateral de la corriente hacia el lado opuesto de la concavidad del meandro, o bien por el corte del tramo más angosto entre dos curvas consecutivas, lo que genera el estrangulamiento del meandro	63,88	0,03	0,00	0,00

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS											
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
					Orillar	For	Geoforma de origen fluvial vinculada a la dinámica de divagación lateral y a los procesos de sedimentación propios de los ríos. Está conformada por una sucesión semicircular de canales secundarios de divagación, intercalados con pequeños albardones compuestos por sedimentos gruesos, así como por depresiones menores que acumulan depósitos finos.	561,15	0,22	0,00	0,00
					Plano de inundación	Fpi	Componente caracterizado por presentar una superficie de morfología plana a suavemente ondulada, con posibilidad de inundación ocasional. Se localiza adyacente a los cauces fluviales principales y suele estar delimitada por escarpes de terrazas o por niveles topográficos más elevados. Su pendiente varía desde prácticamente nivelada (0–1 %) hasta ligeramente inclinada (1–3 %). Representa un espacio geomorfológico asociado a la dinámica fluvial actual, caracterizado por procesos activos de erosión, sedimentación e inundación periódica.	14529,31	5,81	510,59	4,90
					Cuenca de decantación	Fcd	Artesa de forma cóncava a planocóncava, con morfología casi plana, localmente inundada o con drenaje deficiente. Su origen está asociado al desborde temporal de canales o ríos adyacentes, cuyas aguas quedan retenidas sobre superficies como terrazas o planos de inundación, dando lugar a remanentes de cuerpos de agua. La pendiente varía desde a nivel (0–1 %) hasta ligeramente inclinada (1–3 %).	650,92	0,26	0,00	0,00

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS										
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
			Cauce aluvial	Barras e islotes	Barras compuestas	Fbc	Conjunto de barras unitarias que, conforman una unidad mayor continua. Estas barras pueden alcanzar decenas a cientos de metros en extensión lateral y varios kilómetros longitudinales, dependiendo de la dinámica del cauce fluvial. Su origen se relaciona con el amalgamamiento de múltiples barras individuales, como resultado de sucesivos eventos de erosión y sedimentación, y/o por la reocupación de antiguos canales o cauces abandonados, lo que genera una compleja estructura interna de sedimentos fluviales. Su pendiente consiste a nivel (0-1%).	688,94	0,28	32,74	0,31
					Barra puntual	Fbp	Se define este componente como un cuerpo con forma de medialuna y morfología suavemente ondulada, compuesto por crestas y artesas curvas de baja altura. Estos cuerpos se localizan en la parte convexa de los meandros de los ríos, como resultado de la acumulación de sedimentos erosionados desde la parte cóncava del cauce. Su depósito está constituido principalmente por sedimentos arenosos gruesos (gravas arenosas) y materiales arcillosos en las artesas. Cuando ocurren procesos de migración lateral del cauce, la acumulación de este tipo de barras puede dar lugar a conjuntos sencillos o complejos conocidos como oríllales. Su pendiente consiste a nivel (0-1%).	112,63	0,05	3,82	0,04

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS											
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
					Barra longitudinal	Fbl	Se define como un componente con cuerpo elongado, en forma romboidal convexo en planta y, en superficie de morfología suave ondulada, dispuesto paralelo al centro de los cauces fluviales mayores, con la punta más aguda en la dirección de la corriente. Su origen es relacionado a la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones, que luego de disminuir el caudal, quedan como remanentes que dividen la corriente. Su depósito está constituido principalmente por arenas y gravas finas. Su pendiente consiste a nivel (0-1%).	37,47	0,01	2,56	0,02
					Isla	Fi	Se define como un componente con un cuerpo elongado, de forma romboidal convexa en planta y con una morfología superficial suavemente ondulada. Está dispuesto de forma paralela al eje de los cauces fluviales mayores, presentando su punta más aguda en la dirección de la corriente. Corresponde a una superficie de morfología plana a ondulada, eventualmente inundable durante épocas de altas precipitaciones, y se caracteriza por presentar cobertura vegetal. Su pendiente consiste a nivel (0-1%).	1335,02	0,53	99,14	0,95
				Cauce aluvial	Cauce aluvial	Fca	Se define como un canal de forma irregular, excavado por la erosión de corrientes perennes o estacionales dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como la pendiente, la resistencia del lecho, la carga de sedimentos y el caudal, puede extenderse a lo largo de grandes distancias. La geoforma de cauce aluvial es consistente con los polígonos de drenajes dobles contenidos en la cartografía base del área de influencia fisicobiótica.	1675,03	0,67	84,48	0,81

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS										
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
			Terraza de acumulación	Terraza de acumulación nivel uno	Plano anegadizo de terraza nivel uno	Fpa1	Superficie en forma de artesa, casi plana e irregular, con pendiente suave. Se localiza en áreas planas mal-drenadas, y su origen está asociado a procesos de encharcamiento temporal. Se encuentra ubicado sobre el plano de terraza nivel uno.	1156,87	0,46	32,99	0,32
					Plano de terraza de acumulación nivel uno	Fta1	Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales y limitada por escarpes de distinta altura a lo largo del cauce de un río. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial dentro de antiguas llanuras de inundación. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas pueden encontrarse asociadas a cauces rectos o meándricos. Los depósitos están conformados por gravas, limos y arcillas, con una disminución en el tamaño de los sedimentos a medida que se alejan del cauce del río. Su pendiente varía desde a nivel (0-1%, clase A) hasta ligeramente plana (1-3%, clase A)	46114,07	18,44	904,97	8,69
					Escarpe de terraza de acumulación nivel uno	Ftae1	Plano vertical a subvertical, escalonado, excavado en sedimentos aluviales que bordean las terrazas de acumulación nivel uno. Su origen está relacionado con la incisión y profundización del cauce. En el área de influencia, este escarpe se asocia a la dinámica fluvial del río Orotoy en el sector sur. Su altura puede alcanzar hasta diez metros Su pendiente es fuertemente inclinada (12-25%)	48,52	0,02	0,00	0,00
				Terraza de acumulación nivel dos	Plano anegadizo de terraza nivel dos	Fpa2	Superficie en forma de artesa, casi plana e irregular, con pendiente suave. Se localiza en áreas planas mal-drenadas, y su origen está asociado a procesos de encharcamiento temporal. Se encuentra ubicado sobre el plano de terraza nivel dos.	246,09	0,10	16,35	0,16

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS											
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
					Plano de terraza de acumulación nivel dos	Fta2	Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales que corresponden a una fase fluvial más antigua que la de la terraza nivel uno. Se encuentra a una cota intermedia y está delimitada por escarpes cuya altura varía según el grado de incisión posterior del río. Su formación responde a ciclos previos de acumulación, incisión y erosión vertical dentro de antiguas llanuras de inundación. Sus pendientes van hasta 3%.	4142,02	1,66	140,96	1,35
				Terraza de acumulación nivel tres	Plano anegadizo de terraza nivel tres	Fpa3	Superficie en forma de artesa, casi plana e irregular, con pendiente suave. Se localiza en áreas planas mal-drenadas, y su origen está asociado a procesos de encharcamiento temporal. Se encuentra ubicado sobre el plano de terraza nivel tres.	417,91	0,17	0,00	0,00
					Plano de terraza de acumulación nivel tres	Fta3	Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, desarrollada sobre sedimentos aluviales más antiguos y situada a la mayor cota relativa dentro de la secuencia de terrazas. Está limitada por escarpes más desarrollados debido a procesos prolongados de incisión fluvial. Su origen refleja etapas antiguas de estabilidad y acumulación seguidas de episodios de erosión vertical que dejaron la superficie abandonada respecto al cauce actual. Sus depósitos incluyen gravas, limos y arcillas con un patrón granulométrico decreciente hacia los sectores alejados del río. La pendiente alcanza el 3%.	3293,18	1,32	0,00	0,00
					Escarpe de terraza de acumulación nivel tres	Ftae3	Plano vertical a subvertical, escalonado, excavado en sedimentos aluviales que bordean las terrazas de acumulación. Su origen está relacionado con la incisión y profundización del cauce. La altura de los escarpes puede alcanzar decenas de metros. Su pendiente puede alcanzar el 25%.	214,47	0,09	0,00	0,00

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS											
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
			Laguna	Laguna	Laguna	Flg	Se denomina componente laguna a las geoformas fluvio lacustres que consisten en depresiones sobre llanuras aluviales, abanicos aluviales o terrazas de acumulación, capaces de retener agua en épocas secas (permanente o estacional) y que mantienen su condición de agua según el respectivo análisis multitemporal. Su pendiente corresponde a nivel (0-1%)	221,89	0,09	9,13	0,09
		Ambiente Antrologénico	Excavaciones	Excavaciones	Excavaciones para cuerpos de agua artificiales	Asej	Se denomina componente laguna a las geoformas fluvio lacustres que consisten en depresiones sobre llanuras aluviales, abanicos aluviales o terrazas de acumulación, capaces de retener agua en épocas secas (permanente o estacional) y que mantienen su condición de agua según el respectivo análisis multitemporal. Su pendiente corresponde a nivel (0-1%)	194,85	0,08	11,72	0,11
					Excavaciones para acuicultura	Asea	Estas excavaciones mantienen su nivel por el aporte de aguas lluvias durante épocas de alta pluviosidad o mediante recarga artificial. Actualmente, son utilizadas como lagos artificiales con fines recreativos o económicos, como la pesca. Su pendiente corresponde a nivel (0-1%)	77,36	0,03	2,19	0,02
			Canal artificial	Canal artificial	Canal artificial	Aca	Canales y rectificación de cauces construidos con el propósito de drenar terrenos bajos o inundables, con el fin de eliminar inundaciones recurrentes y permitir el aprovechamiento de estos territorios para actividades agrícolas y ganaderas	209,77	0,08	13,52	0,13

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS										
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
			Planos y campos de rellenos antrópicos	Planos y campos de rellenos antrópicos	Rellenos para vías	Arv	Este componente se define como planos artificiales construidos con pavimento o material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos con fines habitacionales. Técnicamente, están compuestos por cemento o gravas, bloques y arena bien compactados; sin embargo, comúnmente se utilizan escombros y desechos de construcción.	1454,67	0,58	56,72	0,54
					Rellenos para explotación de hidrocarburos	Arh	Este componente se define como planos artificiales construidos con pavimento o material de relleno para acondicionar terrenos con fines relacionados a la industria de los hidrocarburos. Técnicamente, están compuestos por cemento o gravas, bloques y arena bien compactados; sin embargo, comúnmente se utilizan escombros y desechos de construcción	1529,34	0,61	4,46	0,04
					Rellenos de zonas industriales y comerciales	Arzi	Este componente se define como planos artificiales construidos con pavimento o material de relleno para acondicionar terrenos con fines relacionados a la industria de los hidrocarburos. Técnicamente, están compuestos por cemento o gravas, bloques y arena bien compactados; sin embargo, comúnmente se utilizan escombros y desechos de construcción.	269,38	0,11	9,96	0,10
					Rellenos de tejidos urbanos discontinuos	Aru	Este componente se define como planos artificiales construidos con pavimento o material de relleno para acondicionar terrenos con fines relacionados a tejidos urbanos discontinuos. Técnicamente, están compuestos por cemento o gravas, bloques y arena bien compactados; sin embargo, comúnmente se utilizan escombros y desechos de construcción.	570,77	0,23	2,07	0,02

COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS											
Geomorfoestructura	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Símbolo	Descripción	Área de influencia		Área de intervención	
								Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
				Rellenos de escombros	Rellenos de escombros	Are	Este componente se define como planos artificiales construidos con material de relleno para destinar el residuo de cenizas producto de las palmeras.	5,02	0,02	5,02	0,05
TOTAL								**25005,03**	**100,00**	**10412,44**	**100,00**

Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.3.1.3 Geotecnia

Para el desarrollo del componente de geotecnia se desarrollaron las tres etapas que se presentan a continuación:

- **Etapa preliminar**

Para la caracterización geotécnica, se tomó la información de geología y geomorfología desarrollada en los componentes anteriores, además de la información temática de lo demás componentes que permitiese aplicar la metodología de Anbalagan (1992), la cual se desarrolló a partir del análisis de interpretación y el trabajo de campo. Esta metodología designa las clases de amenazas ambientales y geotécnicas presentes en el área de trabajo.

- **Etapa de campo**

Durante la etapa de campo, para la estabilidad geotécnica, se realizó una verificación de la presencia de procesos morfodinámicos como procesos erosivos, movimientos de remoción en masa y procesos de sedimentación activa, así se verifico en campo las zonas que por ocurrencia de procesos pueden llegar a ser las que presenten mayor amenaza. Esta etapa se desarrolló entre los días 27 de marzo y el 10 de abril de 2025. Una vez recopilada esta información se procede a la etapa de análisis y resultados.

- **Etapa de análisis y resultados**

Durante esta etapa, se aplica la metodología de Anbalagan (2012), la cual para la definición del grado de estabilidad de cada uno de los materiales presentes se tienen en cuenta 10 variables: *Cobertura de la tierra, Morfogénesis, Morfodinámica, Tipo de Suelo, Intervalo de Pendiente, Tectónica, Litología, Sismicidad, Precipitación e Inundación*

El objetivo es establecer las condiciones de estabilidad de terreno y su vulnerabilidad frente a estímulos externos, se realizó la modelación de las variables mencionadas anteriormente, asociadas con el relieve, las propiedades de los materiales y las zonas de inundación, ya que el agua es uno de los agentes detonantes de procesos erosivos e inestabilidad en el terreno. El Procedimiento metodológico desarrollado consistió (ver **Figura 1-59**):

- ✓ Implementación en SIG.
- ✓ Clasificación de cada mapa de parámetros de acuerdo con las clases relevantes.
- ✓ Asignación de valores de peso a cada parámetro (según la escala asignada por el profesional).
- ✓ Asignación de pesos a cada mapa temático Cálculo de los pesos, sumatoria de los mismos y clasificación de la estabilidad (alta, media, baja).

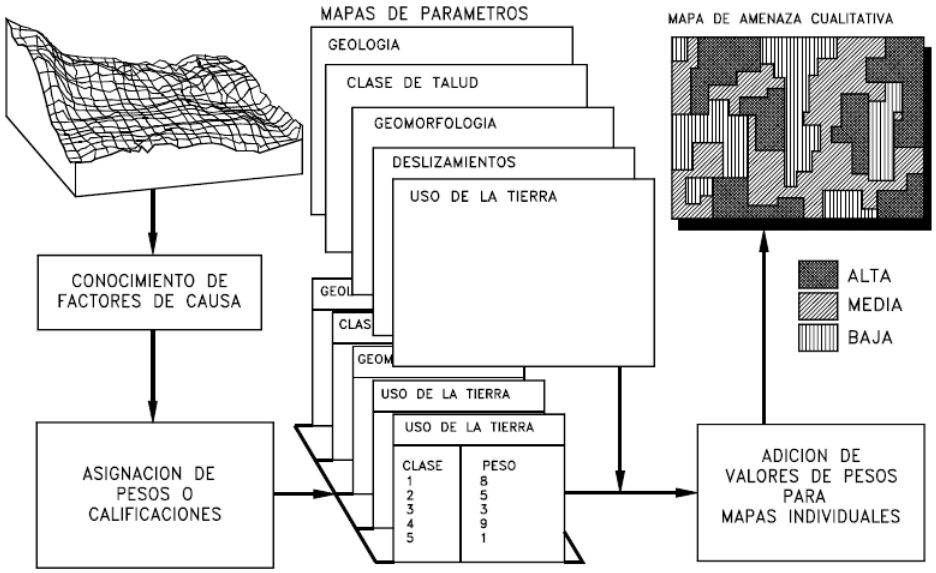


Figura 1-59 Esquema de la combinación cualitativa de variables y mapas temáticos
Fuente: Anbalagan 1992.

Para la zonificación geotécnica de los Estudios Ambientales se aplica la metodología mencionada, considerando los factores relevantes o parámetros, como:

$$S = \sum [C, Mg, Md, Pe, T, L] = 10$$

Dichos mapas son evaluados por parte del grupo de profesionales temáticos en cuanto a rangos, de manera que son ajustados y nuevamente interpretados, lo anterior, soportado en evidencias observadas en campo y conocimiento histórico del terreno, el procedimiento referido se realiza tantas veces como sea necesario, hasta obtener el mapa definitivo que mejor defina y se asemeje a las diferentes categorías de susceptibilidad a presentar procesos de inestabilidad geotécnica a lo largo del área de estudio, y para la cual se definen 4 condiciones de susceptibilidad: Muy Baja, Baja, Moderada y Alta, como se aprecia en la **Tabla 1-23**.

Tabla 1-23 Relación susceptibilidad – estabilidad geotécnica

SUSCEPTIBILIDAD	RANGO DE VALORES	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
Muy baja	<3.5	Muy alta
Baja	3.5-5.0	Alta
Media	5.1-6.0	Media
Alta	6.1-7.5	Baja
Muy alta	>7.5	Muy baja

Fuente: Modificado de Anbalagan, 1992.

1.5.3.1.4 Hidrogeología

Para llevar a cabo la caracterización del componente hidrogeológico en el área de influencia, se siguió una metodología basada en tres etapas principales, las cuales permitirán la elaboración del

Modelo Hidrogeológico Conceptual y Matemático del área de estudio. Estas etapas son: etapa pre-campo, etapa de campo y etapa de análisis y resultados.

Dentro de la etapa preliminar se contemplan todas las actividades relacionadas a la recopilación y análisis de la información secundaria disponible para el área de estudio en cuanto al componente hidrogeológico, esto con el fin de tener un primer acercamiento a la hidrogeología del área. Estas actividades comprenden una revisión exhaustiva de los informes desarrollados por entidades gubernamentales como el Servicio Geológico Colombiano, así como aquellos estudios ambientales desarrollados por operadoras petroleras en el área de influencia del presente proyecto en años anteriores.

La segunda etapa consiste en la recolección de información primaria, la cual se lleva a cabo mediante una salida de campo. Las actividades de campo permiten la recopilación de la información primaria necesaria para llevar a cabo la caracterización del componente hidrogeológico, siguiendo con los lineamientos presentados en los Términos de Referencia de la ANLA HI-TER-1-03 y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (ANLA, 2018).

Por último, en la etapa de análisis y resultados se organiza tanto la información secundaria como la información primaria disponible, se realiza el procesamiento de los datos que lo requieran, se interpretan y analizan los resultados, se consolida la información y, finalmente, se elabora el informe con cada uno de los insumos requeridos para llevar a cabo la caracterización hidrogeológica del área de estudio, cumpliendo con todas las directrices presentadas en los HI-TER-1-03. Además, se consolidan las capas vectoriales cartográficas requeridas en la GDB y los anexos necesarios.

A continuación, se presenta en detalle cada una de las etapas metodológicas que se desarrollan en el presente proyecto para llevar a cabo una correcta y completa caracterización hidrogeológica:

1.5.3.1.4.1 Etapa precampo

Durante esta etapa metodológica, se llevó a cabo la revisión de la información secundaria disponible para el área de estudio en cuanto al componente hidrogeológico, con el fin de establecer una línea base en cuanto a los aspectos hidrogeológicos más importantes del área de estudio, como lo son: unidades hidrogeológicas aflorantes y profundas, geometría, espesor y litología de las unidades hidrogeológicas, inventario de puntos de agua subterránea, parámetros hidráulicos, entre otros.

Esta información es tanto de carácter regional como local, e incluye informes, diagnósticos y estudios ambientales, desarrollados tanto por entidades gubernamentales como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), antes llamado INGEOMINAS, como por operadoras petroleras que tienen actividad en la zona de estudio. En la **Tabla 1-24** se presenta la información secundaria consultada y disponible para llevar a cabo el componente hidrogeológico en el área de influencia del presente proyecto.

Tabla 1-24 Información secundaria recopilada

NOMBRE	ESCALA	ENTIDAD	AÑO
Lineamientos			
Términos de referencia para la elaboración de estudios de impacto ambiental para proyectos de explotación de hidrocarburos HI-TER-1-03.		MADS – ANLA	2010
Metodología General para la Elaboración y Presentación de estudios Ambientales.		MADS – ANLA	2018

Estudio Nacional del Agua 2022		IDEAM	2023
Estudios Ambientales			
EIA Área de Perforación Exploratoria Zocay	1:25.000	ECOPETROL,SA	2013
EIA para la Modificación De la Licencia Ambiental Para el APE CPO-9	1:25.000	ECOPETROL,SA	2012
EIA para La Modificación del PMA Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene	1:25.000	ECOPETROL,SA	2022
EIA Campo de Producción 50k CPO-09	1:25.000	ECOPETROL,SA	2012
EIA Área de Perforación Exploratoria CPO 10 Norte	1:25.000	ECOPETROL,SA	2014
EIA Área de Perforación Exploratoria Llanos 37	1:25.000	ECOPETROL,SA	2011
Modelo Hidrogeológico Matemático de la Actividad de Inyección de Agua para Mantenimiento de Presión. Campo Castilla		ECOPETROL,SA	2020
POMCA del Río Acacías - Pajure	1:25.000	CORMACARENA	2012
POMCA del Río Guayuriba	1:25.000	CORMACARENA	2018

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

Adicionalmente, durante esta primera etapa se realizó el procesamiento y análisis de la información secundaria disponible, de la siguiente manera:

-
- Se definió un inventario de puntos de agua subterránea preliminar, con base en los puntos hidrogeológicos identificados en estudios anteriores, el cual será visitado y actualizado durante la salida de campo.
- Además, con base en este inventario, se propusieron preliminarmente los veintinueve (29) puntos de agua subterránea donde se realizarían los monitoreos.
- Se analizaron las pruebas de bombeo disponibles en estudios anteriores.
- Se propuso la ubicación preliminar de las cinco (5) tomografías eléctricas y los treinta (30) Sondeos magnetotelúricos (MT).
- Se planeó y organizó todo lo relacionado con la salida de campo.

1.5.3.1.4.2 Etapa de campo

Dentro de la etapa de campo, se contemplan diversas actividades para llevar a cabo la caracterización del componente hidrogeológico:

- **Caracterización unidades hidrogeológicas**

Durante la etapa de campo, se realizó una verificación de las unidades hidrogeológicas aflorantes en la zona de estudio a partir de los afloramientos que pudieron encontrarse, normalmente a borde de carretera.

- **Caracterización geofísica**

Para llevar a cabo la caracterización geofísica en el área de influencia, se realizaron cinco (5) tomografías eléctricas y treinta (30) Sondeos magnetotelúricos (MT).

- ✓ Tomografías eléctricas

Las tomografías de resistividad eléctrica (ETR por sus siglas en inglés) es un método de resistividad multielectrodo que se basa en obtener modelos 2D y 3D de la resistividad del terreno.

Los métodos convencionales solo precisan 4 electrodos y se basan en introducir en el terreno, un campo eléctrico de corriente continua mediante dos electrodos de corriente (A, B) conectados a un miliamperímetro, mientras que con los otros dos electrodos (M, N) y que están conectados a un milivoltímetro, se medirá cual es la diferencia de potencial eléctrico ΔV entre esos dos puntos, parámetro a partir del cual se puede calcular el valor de la resistividad en el punto medio del dispositivo y a una profundidad determinada (Orellana, 1982). Este valor de resistividad aparente corresponde a una cierta profundidad, que a su vez es función de la separación entre los electrodos. Existen diferentes configuraciones a la hora de colocar los 4 electrodos, siendo las más utilizadas Wenner y Schlumberger. También se tiene la denominada configuración Wenner-Schlumberger. En el arreglo Wenner la relación señal-ruido es más intensa, por lo que la resolución vertical es excelente y la resolución lateral es moderada.

A continuación, se presenta el procedimiento tenido en cuenta durante la ejecución de cada una de las cinco (5) tomografías eléctricas realizadas en el área de influencia:

- Inicialmente, se realizó la identificación del área donde se tenía proyectada ubicar cada una de las tomografías.

- Localización del punto inicial y final de la línea de cada tomografía, según las condiciones del área observadas en campo, esto teniendo en cuenta que algunas tomografías se movieron respecto a su ubicación inicial por dificultades en el acceso a algunos predios o por las condiciones del terreno.

- Posteriormente, se extendieron 8 cables de 90 metros cada uno, en una misma dirección, uno al final del otro para alcanzar una longitud total de 720 metros; a su vez, estos cables se conectan en juegos de dos a modo de extensión y a su vez se conectan a la WDJD-4 Digital (consola del equipo), tal como se puede observar en la **Fotografía 1-9**.



Fotografía 1-9 Tendido de cables para realizar las tomografías
Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional
Este:4944635,09 Norte: 1997754,79
Fuente: SGI S.A.S., 2024

- Después de extendido el cableado, se instalaron los electrodos con una separación de 10 metros entre ellos y se conectaron (Ver **Fotografía 1-10**).



Fotografía 1-10 Instalación de los electrodos
Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional
Este:4944635,09 Norte 1997754,79
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025

- A un tercio de los cables se ubicó la consola WDJD-4 Digital con la cual se realizó el registro automático de los datos.

- El registro de la mayoría de las tomografías se llevó a cabo de forma automática mediante el arreglo Dipolo-Dipolo y Wenner Alpha.

La configuración o arreglo Dipolo-Dipolo presenta una alta resolución para los contrastes laterales de resistividad, tiene una resolución mayor en niveles cercanos a la superficie y es el arreglo que presenta un mayor número de mediciones, por lo tanto, es bueno para encontrar estructuras verticales. Según Orellana (1982) este arreglo consiste en cuatro electrodos dispuestos en forma lineal -ABMN- sobre un perfil (Ver **Figura 1-60**). El espaciamiento entre los electrodos de corriente es determinado por el factor "a" que es la misma distancia entre los electrodos de potencial, además, este arreglo tiene otro factor denominado "n". Para los estudios con este arreglo el factor "a" se mantiene fijo y el factor "n" se va incrementando, ya que con esto se busca aumentar la profundidad de investigación. La disposición del arreglo dipolo-dipolo se presenta en la **Figura 1-60**.

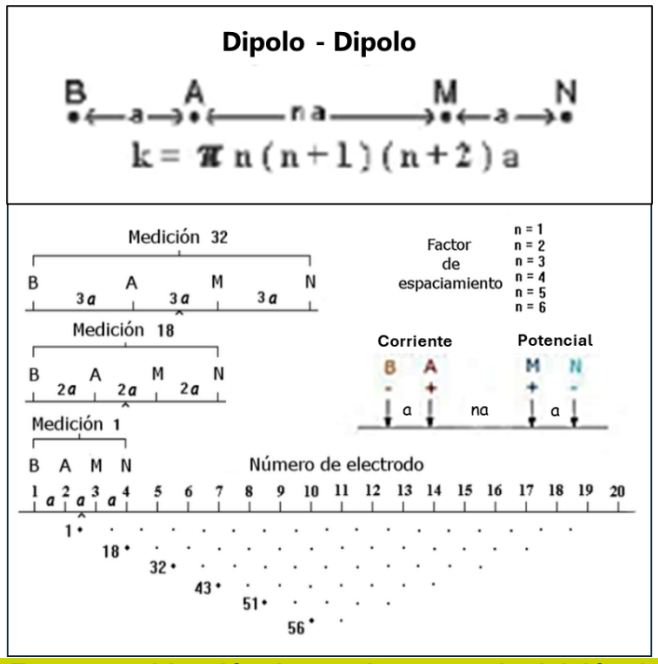


Figura 1-60 Esquema ubicación de canales para adquisición de tomografía eléctrica, método Dipolo-Dipolo
Fuente: Adaptado de Loke, 2005.

La configuración o arreglo tipo Wenner Alpha consiste en hacer circular en el terreno una corriente (que en este caso es continua) para medir los valores de voltaje (V) y corriente (I) respectivos. Para ello, se utilizan cuatro electrodos: Dos electrodos de corriente (A – B) y dos electrodos de potencial (M - N) ubicados en línea recta, a una misma profundidad de penetración y simétricamente situados respecto a un punto central, tal como se puede observar en la **Figura 1-61**.

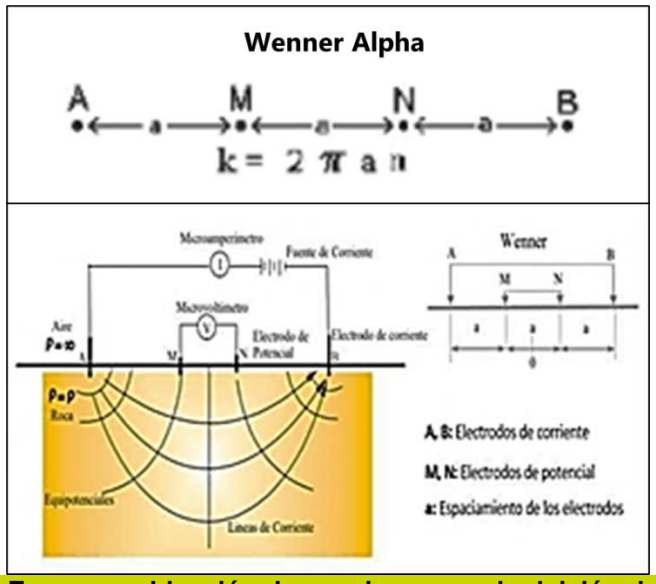


Figura 1-61 Esquema ubicación de canales para adquisición de tomografía eléctrica, método Wenner Alpha
Fuente: Morais de Fernando, 2008.

- Tras finalizar el registro, se procedió con la recogida del cableado y el equipo empleado.

Este procedimiento se realizó para cada una de las cinco (5) tomografías eléctricas realizadas en el marco del presente proyecto.

✓ Sondeos magnetotelúricos (MT)

El método magnetotelúrico (MT) es un método de exploración geofísica de tipo pasivo y no invasivo; es decir, para su funcionamiento no requiere introducir ningún tipo de energía en el subsuelo, sino que utiliza las fluctuaciones temporales del campo electromagnético natural generadas en la ionosfera, debido principalmente a la actividad solar, para obtener información de las propiedades geoeléctricas del subsuelo. No es invasivo en el sentido de que no se requiere desarrollar ningún tipo de excavaciones profundas o realizar arreglos que incluyan grandes extensiones de cables, solo requiere una pequeña extensión areal donde se ubican los tres (3) sensores magnéticos y los cinco (5) electrodos (Ver **Fotografía 1-11**).



Fotografía 1-11 Instalación de electrodos y sensores magnéticos
Coordenadas Origen Nacional
Este:5168836,27 Norte :1975508,17
Fuente: S.G.I. SAS, 2025

La toma de los sondeos magnetotelúricos se realizó siguiendo unos lineamientos predefinidos con el fin de asegurar la calidad de la información.

- Como primera medida se seleccionó el sitio del sondeo, de tal manera que las bobinas y los electrodos quedaran lo más alejados posible de fuentes eléctricas y torres de energía, con el fin de evitar contaminación electromagnética en los datos, la cual se evidencio en el porcentaje de datos saturados o valores de AC – DC y resistividad anómalos.

- Se perforaron 5 orificios de 20 centímetros aproximadamente en los cuales se ubicaron los electrodos (Norte, Sur, Este, Oeste y polo a tierra), se les agregó una mezcla de lodo y agua salada para aumentar la conductividad y que los electrodos registraran mejor las variaciones del campo eléctrico. La longitud de los dipolos fue de entre 40 y 50 metros, esto dependiendo de las fuentes de ruido cercanas; entre más ruidoso el sitio menor la longitud de los dipolos; en caso de que las fuentes de ruido eran muy altas, se reubicó el equipo.

- Se ubicaron los tres sensores magnéticos, uno en la dirección N/S, otro E/W y uno vertical. Si las bobinas registraban campos magnéticos que afectaran la calidad de los datos se tomó la decisión de reubicarlas o en su defecto mover el equipo completo a una zona más limpia de ruido electromagnético. Esto sólo se determinó durante los primeros 30 minutos después de iniciado el registro del sondeo y los datos mostraban saturación. Los operadores del equipo contaron con formatos de campo para realizar la inspección de los valores normales y anómalos en cada adquisición.

- Se programó el equipo para registrar las horas requeridas para alcanzar la profundidad deseada; una vez empezaba el sondeo se realizaba control de calidad en tiempo real para verificar una buena calidad de los datos y que el sondeo se podía tomar sin ningún inconveniente.

- Una vez terminado el sondeo, se verificó la calidad de las curvas de fase y de resistividad, y se procedió a realizar el sondeo siguiente.

- Este procedimiento se llevó a cabo para cada uno de los treinta (30) sondeos magnetotelúricos realizados en el marco del presente proyecto.

➢ **Inventario puntos de agua subterránea**

Durante la campaña de campo se realizó la identificación y caracterización de los puntos de agua subterránea consultados en la información secundaria disponible y se complementó dicho inventario, tanto con la identificación de puntos hidrogeológicos adicionales como con la actualización de la información de los puntos propuestos en estudios anteriores.

A continuación, se describe de forma breve las actividades relevantes realizadas durante el levantamiento del inventario de puntos de agua subterránea, las cuales fueron llevadas a cabo en la campaña de campo.

✓ Verificar los puntos de agua subterránea

Se realizó la verificación y caracterización de los puntos de agua subterránea propuestos en la información secundaria en los que fue posible acceder, es decir, los predios en los que los propietarios permitieron el ingreso y caracterización de los puntos allí ubicados.

✓ Depuración

De los puntos de agua subterránea que fueron identificados en estudios anteriores, se descartaron algunos puntos para el inventario del presente proyecto, ya sea porque no existen actualmente o por las características observadas en campo, se definió que no corresponden a nacimientos de agua sino a drenajes de escorrentía, morichales, acumulaciones temporales de agua superficial y/o drenajes, por lo que no fueron tenidos en cuenta dentro del inventario de puntos de agua subterránea del presente proyecto. Adicionalmente, teniendo en cuenta la extensión del área de influencia, se priorizó obtener una adecuada distribución espacial de los puntos inventariados, de manera que fueran representativos y útiles para determinar, entre otras cosas, la dirección de flujo.

✓ Complementar inventario

Adicional a los puntos de agua subterránea identificados en estudios anteriores, durante el reconocimiento del área de estudio se identificaron puntos de agua subterránea adicionales a los propuestos en la información secundaria.

✓ Actualizar inventario

A partir de la información recolectada durante la salida de campo, se definió el inventario de puntos de agua subterránea del presente EIA, en el cual se actualizó la información de los puntos propuestos en estudios anteriores y se identificaron puntos adicionales.

✓ Caracterización puntos hidrogeológicos

En cada uno de los puntos incluidos en el inventario de aguas subterráneas, se realizó una caracterización detallada con base en la información recolectada en campo. Esta incluyó la ubicación geográfica (coordenadas), tipo de estructura de captación (pozo, aljibe, manantial, piezómetro), profundidad total, nivel estático, método de extracción, uso del recurso (doméstico, agrícola, pecuario, etc.), caudal estimado o medido, estado de conservación de la infraestructura y cualquier otra observación relevante.

Adicionalmente, en todos los puntos se efectuó la medición in situ de parámetros físico-químicos como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT), oxígeno disuelto (OD) y temperatura, utilizando instrumentos multiparamétricos debidamente calibrados. Estos datos complementan la caracterización hidrogeológica al ofrecer una primera aproximación sobre la calidad del agua subterránea y sus posibles variaciones espaciales.

✓ Nivelación topográfica

Se llevó a cabo la nivelación topográfica de un conjunto representativo y significativo de puntos hidrogeológicos incluidos en el inventario de aguas subterráneas elaborado para el presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA). La selección de los puntos se basó en criterios de ubicación espacial, profundidad de la captación y, especialmente, en la disponibilidad de datos sobre el nivel de la columna de agua.

El propósito de esta actividad fue establecer la cota topográfica precisa de cada estructura de captación, lo cual permite referenciar altimétricamente los niveles estáticos y dinámicos del agua subterránea. Esta información es fundamental para el análisis del flujo subterráneo, la elaboración de modelos conceptuales y la interpretación hidrogeológica del área de estudio.

➢ **Caracterización hidráulica**

Para llevar a cabo la caracterización hidráulica de las unidades hidrogeológicas identificadas en el área de influencia, se llevaron a cabo cuatro (4) pruebas de bombeo.

Una prueba de bombeo, en pocas palabras, consiste en bombear un punto de agua subterránea durante cierto tiempo, a un determinado caudal y medir la evolución del nivel piezométrico en el pozo de bombeo y en el pozo de observación (si se dispone de este último). A partir del comportamiento de los abatimientos del nivel de agua, el caudal de extracción, la cantidad de filtros, el diámetro y profundidad del pozo de bombeo, se pueden obtener las propiedades hidráulicas del acuífero captado.

✓ Tipos de pruebas de bombeo

En la actualidad, existen diversas formas de realizar las pruebas de bombeo dependiendo del tipo de caudal y el régimen de bombeo empleado durante la ejecución de estas. En la **Figura 1-62** se presentan los diferentes tipos de pruebas de bombeo que se pueden desarrollar.

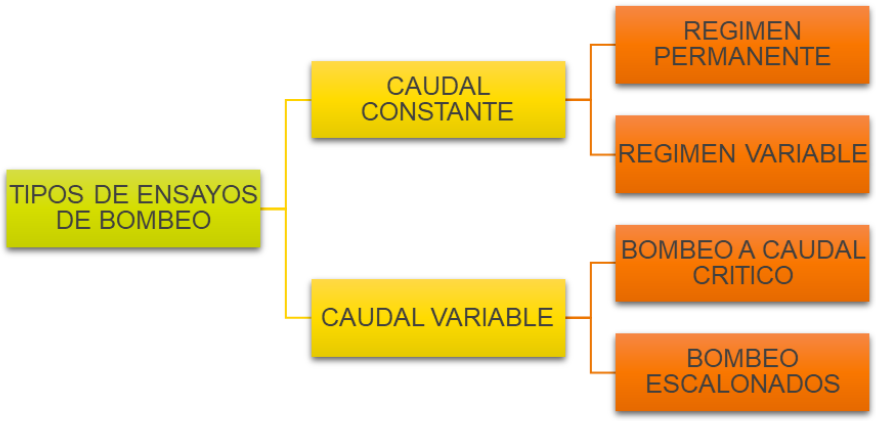


Figura 1-62 Tipos de pruebas de bombeo
Fuente: SGI S.A.S., 2025

Las cuatro (4) pruebas de bombeo realizadas en el presente proyecto se llevaron a cabo a caudal constante y en régimen variable, es decir, durante la ejecución de cada una de las pruebas no se varió el caudal de bombeo y se monitoreó constantemente la variación en los niveles de agua a lo largo de la prueba.

- ✓ Ejecución pruebas de bombeo

De acuerdo con la metodología establecida para la ejecución de las pruebas de bombeo, previo al inicio de la extracción se realizó la medición del nivel estático en el pozo de bombeo mediante una sonda de nivel. Posteriormente, a través de la tubería del pozo se instaló un datalogger, previamente programado para el registro automático de los niveles de agua durante el desarrollo de la prueba de bombeo. En la **Fotografía 1-12** se presenta una referencia del procedimiento descrito.



Fotografía 1-12 Instalación datalogger pruebas de bombeo
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

Una vez instalado el datalogger y medido el nivel de la columna de agua, se encendió la bomba instalada en cada pozo, registrando la hora de encendido e iniciando la etapa de bombeo. Durante el desarrollo de la prueba, para medir los niveles de agua se utilizó tanto un datalogger como una sonda de niveles, esto con el fin de llevar un control del abatimiento del agua a lo largo de la prueba, corroborar los datos registrados por el sensor y garantizar la recuperación del pozo.

Al finalizar la etapa bombeo, se apagó la bomba instalada en el pozo. Cuando la bomba se apaga, el nivel del agua en el interior del pozo comienza a subir iniciando la etapa de recuperación, la cual se prolonga hasta que el pozo recupere al menos el 95% del abatimiento presentado durante el bombeo. Una vez recuperado el nivel de agua, se da por culminada la prueba de bombeo y se retira el datalogger instalado en el pozo.

Por otra parte, para determinar los caudales de extracción utilizados en cada una de las pruebas de bombeo realizadas en los pozos que no cuentan con caudalímetro instalado, se efectuaron varios aforos volumétricos durante la etapa de bombeo. En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se presenta una imagen de referencia del procedimiento. El aforo volumétrico consiste en registrar el tiempo que tarda el agua extraída del pozo en llenar un recipiente de volumen conocido; al dividir el volumen del recipiente entre el tiempo de llenado, se obtiene el caudal de extracción.



Fotografía 1-13 Aforo volumétrico
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

- **Monitoreo hidrogeoquímico y microbiológico**

Por último, durante la salida de campo se recolectaron veintinueve (29) muestras de agua subterránea según el plan de monitoreo planteado para el componente hidrogeológico, con tal de establecer una línea base de la calidad fisicoquímica de los acuíferos aprovechados en la zona de estudio.

Para seleccionar los veintinueve (29) puntos de agua subterránea que serían tenidos en cuenta para realizar la caracterización hidrogeoquímica del agua subterránea, inicialmente se realizó una revisión del inventario de puntos de agua subterránea en la cual se tuvo en cuenta la profundidad de captación, el tipo de punto, la ubicación, las condiciones mecánicas y sanitarias de los puntos hidrogeológicos, el acceso a estos y no menos importante, si contaban con permiso por parte de los propietarios para realizar la recolección de la muestra de agua subterránea. De esta manera, se busca garantizar que los puntos hidrogeológicos seleccionados para realizar la caracterización

hidrogeoquímica del agua subterránea estuvieran distribuidos de manera homogénea en el área de influencia, cubriendo la mayor parte del área y así mismo, que permitieran caracterizar diferentes niveles acuíferos y los distintos tipos de puntos de agua subterránea identificados en el área de influencia del presente proyecto.

La recolección de las muestras de agua subterránea se llevó a cabo aplicando todos los protocolos requeridos por las normativas y siguiendo los lineamientos generales para el desarrollo del monitoreo antes, durante y después de su ejecución.

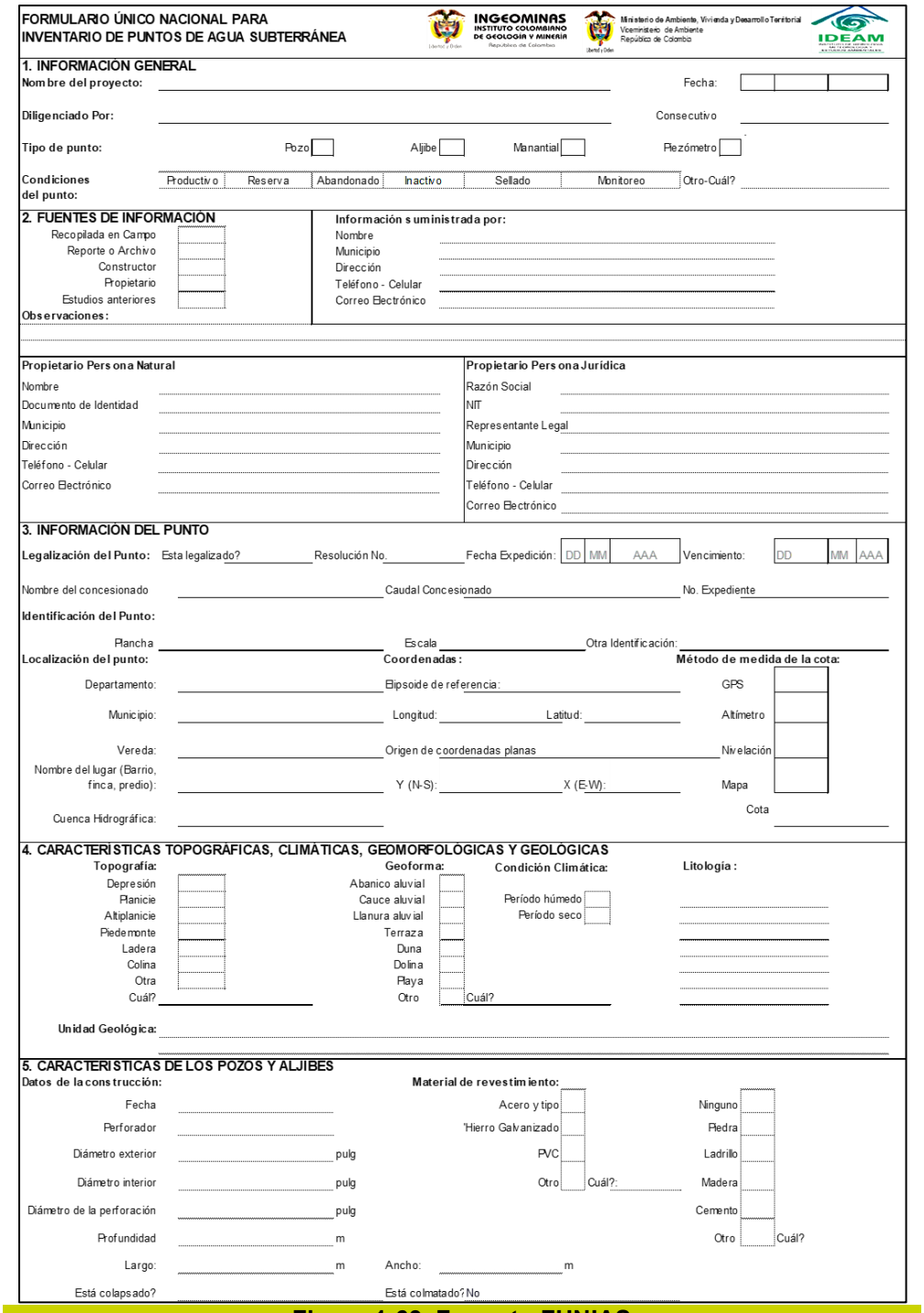
1.5.3.1.4.3 Etapa de análisis y resultados

Una vez terminada la etapa de Campo, se procedió al procesamiento y análisis de la información recolectada tanto durante la etapa preliminar cono en la etapa de campo.

Las actividades llevadas a cabo durante la etapa post-campo, con el fin de desarrollar el Modelo Hidrogeológico Conceptual y Matemático del área de influencia se detallan a continuación:

- **Diligenciamiento FUNIAS**

A cada punto de agua subterránea se le diligencio su Formulario Único Nacional para Inventario de Puntos de Agua Subterránea “FUNIAS” tal como lo ordena la autoridad ambiental (Ver Figura 1-63). Este formulario incluye, entre otras cosas las fuentes de información, localización, características topográficas, climáticas, geomorfológicas y geológicas, datos de construcción, características de explotación e hidráulicas, parámetros fisicoquímicos del agua (pH, conductividad eléctrica, temperatura, etc.), usos del agua, entre otros.



FORMULARIO ÚNICO NACIONAL PARA
INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

INGEOMINAS INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA — Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Ambiente, República de Colombia — IDEAM

1. INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del proyecto: _____ Fecha: ___ ___ ___

Diligenciado Por: _____ Consecutivo _____

Tipo de punto: Pozo ☐ Aljibe ☐ Manantial ☐ Piezómetro ☐

Condiciones del punto: Productivo | Reserva | Abandonado | Inactivo | Sellado | Monitoreo | Otro-Cuál? _____

2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Recopilada en Campo ☐
Reporte o Archivo ☐
Constructor ☐
Propietario ☐
Estudios anteriores ☐

Información suministrada por:
Nombre _____
Municipio _____
Dirección _____
Teléfono - Celular _____
Correo Electrónico _____

Observaciones: _____

Propietario Persona Natural

Nombre _____
Documento de Identidad _____
Municipio _____
Dirección _____
Teléfono - Celular _____
Correo Electrónico _____

Propietario Persona Jurídica

Razón Social _____
NIT _____
Representante Legal _____
Municipio _____
Dirección _____
Teléfono - Celular _____
Correo Electrónico _____

3. INFORMACIÓN DEL PUNTO

Legalización del Punto: Esta legalizado? _____ Resolución No. _____ Fecha Expedición: DD MM AAA Vencimiento: DD MM AAA

Nombre del concesionado _____ Caudal Concesionado _____ No. Expediente _____

Identificación del Punto:

Plancha _____ Escala _____ Otra Identificación: _____

Localización del punto: Coordenadas: Método de medida de la cota:

Departamento: _____ Elipsoide de referencia: _____ GPS ☐
Municipio: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ Altímetro ☐
Vereda: _____ Origen de coordenadas planas _____ Nivelación ☐
Nombre del lugar (Barrio, finca, predio): _____ Y (N-S): _____ X (E-W): _____ Mapa ☐
Cuenca Hidrográfica: _____ Cota _____

4. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS, CLIMÁTICAS, GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS

Topografía:		Geoforma:		Condición Climática:		Litología:
Depresión	☐	Abanico aluvial	☐	Período húmedo	☐	
Planicie	☐	Cauce aluvial	☐	Período seco	☐	
Altiplanicie	☐	Llanura aluvial	☐			
Piedemonte	☐	Terraza	☐			
Ladera	☐	Duna	☐			
Colina	☐	Dolina	☐			
Otra	☐	Playa	☐			
Cuál?		Otro	☐ Cuál?			

Unidad Geológica: _____

5. CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS Y ALJIBES

Datos de la construcción:

Fecha _____
Perforador _____
Diámetro exterior _____ pulg
Diámetro interior _____ pulg
Diámetro de la perforación _____ pulg
Profundidad _____ m
Largo: _____ m Ancho: _____ m
Está colapsado? _____ Está colmatado? No

Material de revestimiento:

Acero y tipo ☐
Hierro Galvanizado ☐
PVC ☐
Otro ☐ Cuál?: _____

Ninguno ☐
Piedra ☐
Ladrillo ☐
Madera ☐
Cemento ☐
Otro ☐ Cuál?

Figura 1-63 Formato FUNIAS
Fuente: IDEAM, 2014

- **Procesamiento de los sondeos magnetotelúricos (MT)**

Una vez finalizada la adquisición de cada sondeo magnetotelúrico, se realizó un procesamiento primario de la información para corroborar la calidad de la data adquirida y descartar que los sondeos fueran afectados por algún tipo de ruido antrópico, esto debido a que en la zona hay muchas torres

de alta energía y en las vías se registra un alto número de carros transitando, los cuales inducen ruido a los sondeos. Para el procesamiento de la información y elaboración de los modelos resistivos del subsuelo se utiliza el software EMPower, el cual es el software elaborado por la empresa Phoenix la cual es la fabricante del equipo MTU 5C con el que se realizó la adquisición de la data.

Para realizar el procesamiento robusto de la información, en dicho software se cargan los datos crudos de cada sondeo, luego se selecciona el sondeo y se introducen los parámetros con los que el equipo realizó el registro tales como: longitud de los dipolos, declinación magnética de la zona de estudio y nombre del sondeo. Luego, se genera el procesamiento robusto y se selecciona sondeo a sondeo para realizar la edición de los puntos que conforman las curvas de resistividad y fase que corresponden a cada una de las frecuencias registradas, se definen los parámetros de coherencia múltiple y los rangos de filtrado de ángulos de fase y de resistividades (Ver **Figura 1-64**).

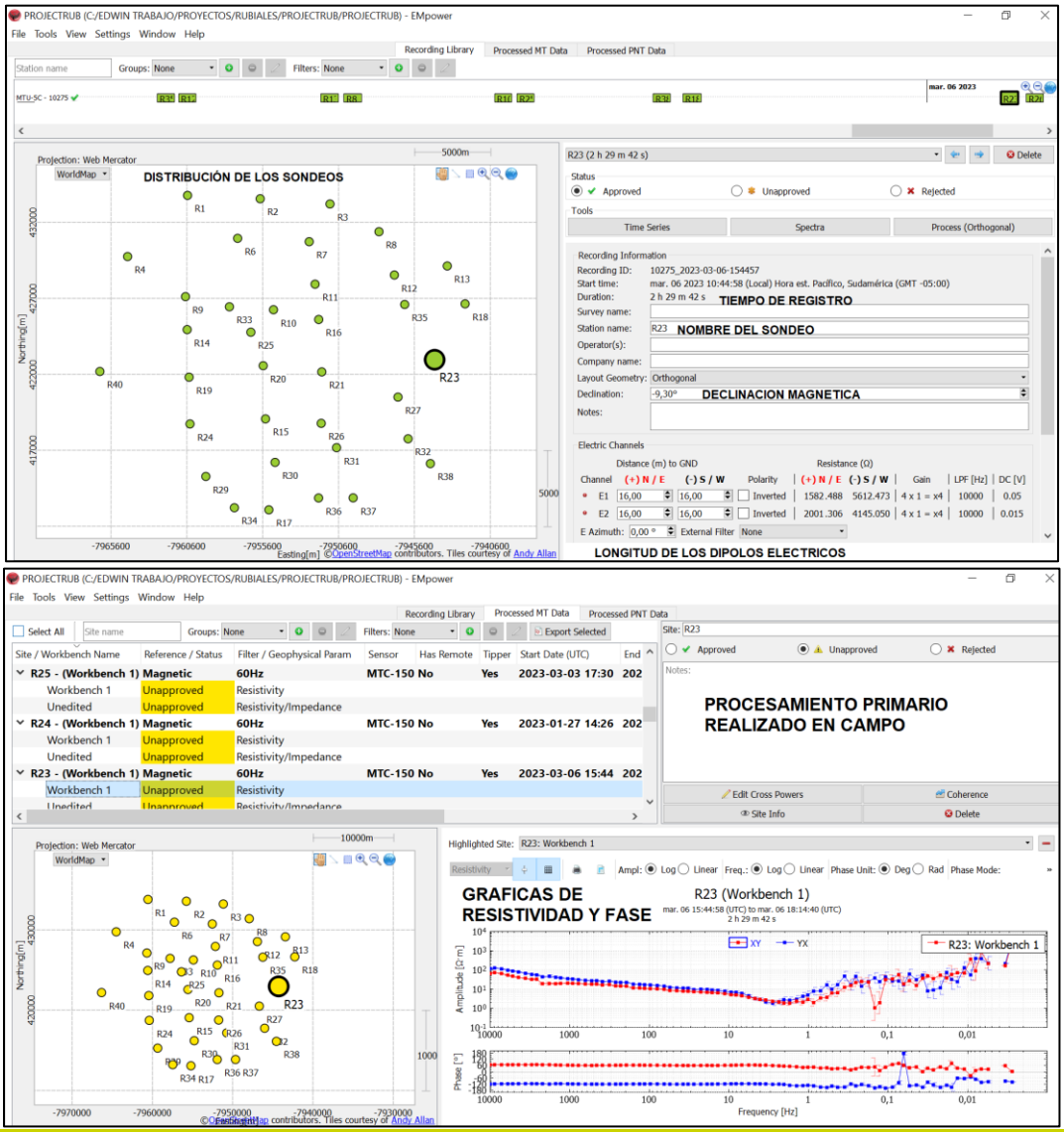


Figura 1-64 EMPower, software de procesamiento robusto, edición de curvas y generación de archivos. EDI
Fuente: S.G.I. SAS, 2025

Una vez editadas las curvas, se exporta la data para obtener los archivos. EDI, los cuales se cargan en el software ZOND2DMT y finalmente, se realiza la inversión 2D de los perfiles magnetotelúricos.

En la **Figura 1-65** se puede apreciar el calibrado de la malla para la realización de la inversión de los perfiles 2D, el parámetro factor de incremento de los nodos verticales se toma con un valor cercano a 1 para con esto aumentar el número de capas, generar más resolución y llegar a la profundidad de inversión de 2000 metros, esto debido a que entre menos número de capas, más gruesa la grilla y menos resolución vertical; de igual manera, en los nodos horizontales intermedios se selecciona un valor de 3 para aumentar el número de celdas usadas en la inversión y con esto la resolución lateral.

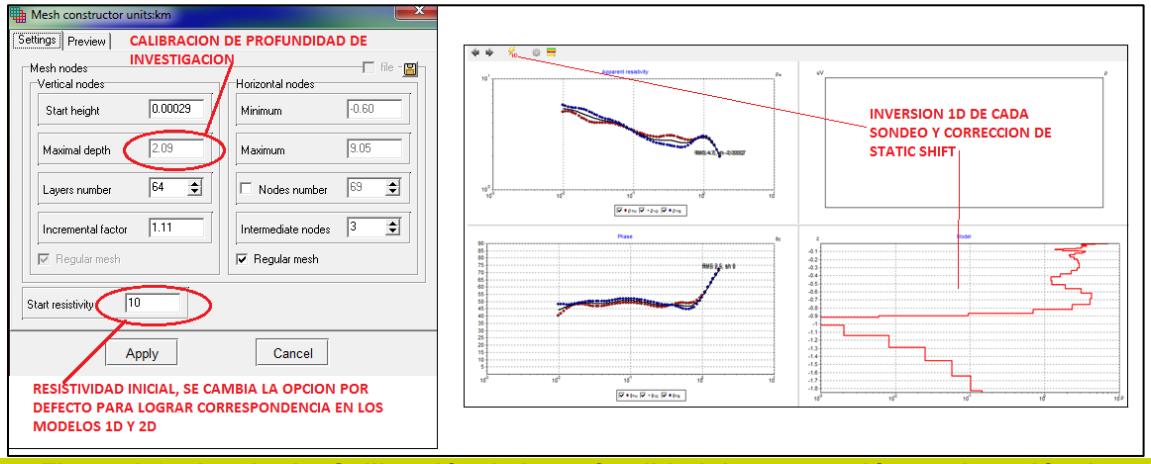


Figura 1-65 Izquierda. Calibración de la profundidad de penetración y asignación de resistividad inicial. Derecha, suavizado de las curvas
Fuente: S.G.I. SAS, 2025

Para la selección de las resistividades iniciales de los modelos se utiliza la información aportada por los resultados adquiridos mediante las tomografías, y por la media de los sondeos MT que están involucrados en el perfil, las cuales son calculadas automáticamente por el software Zond2DMT en el momento de cargar los sondeos del perfil, y de esta manera, se corrige el corrimiento estático (static shift) utilizando esta misma información.

El static shift es un fenómeno que se presenta cuando se acumulan cargas estáticas en las capas más superficiales, lo cual se manifiesta como un desplazamiento en la vertical de las curvas de resistividad. Para hacer la corrección de este fenómeno se pueden llevar a cabo diferentes análisis; según el manual del software Zond2DMT, cuando se tienen grillas densas una buena práctica es utilizar el promedio de resistividad aparente de las estaciones cercanas. Otro análisis que se realiza es con respecto a la comparación de los sondeos cercanos y la inversión 1D de cada sondeo, la cual sugiere hacia donde se puede desplazar la gráfica que presente este fenómeno.

- **Procesamiento de las tomografías**

- En el pre - procesamiento de los datos se utilizó el software “High Density Electric Method Analyze” el cual permite observar los datos obtenidos con el WDJD-4 Digital y la salida de estos a un formato compatible con el software de procesamiento y post procesamiento.

- Después de tener el archivo compatible con el software RTomo de GEOGIGA licenciado por GEOINTERRA S.A.S mediante llave serial S-GTC220657, se procede a cargar los mismos, obteniendo inicialmente una pseudosección de resistividad medida, después se realiza la corrección por topografía, en donde se requiere la altura para cada uno de los electrodos (#

Electrodo, Altura) o la altura asociada a una distancia en la longitud del tramo a registrar (X, Altura), la cual se extrajo de las curvas de nivel; obteniendo de esta manera una pseudosección de resistividad topo-corregida.

- Con las mediciones adquiridas se construye una sección en dos dimensiones (2D) que muestra una primera aproximación de los cambios en el subsuelo. Posteriormente, se aplica un algoritmo de inversión para obtener la distribución real de resistividades o imagen eléctrica, imagen que será un resultado interpretable desde un punto de vista físico y geológico, y que dará información sobre las características físicas del subsuelo.

- El cálculo para obtener el modelo de resistividades reales del subsuelo se realiza a través de técnicas de inversión utilizando un sistema iterativo, tal que el modelo de resistividades aparentes que genere sea lo más similar posible a la pseudosección de resistividades aparentes medida en el campo (Ver **Figura 1-66**). Para tal fin, se empleó el software especializado AGI EarthImager 2D, licenciado por GEOINTERRA S.A.S mediante llave serial número 4037-8-16.

- La inversión de las imágenes de resistividad invertida se ejecutó mediante diferentes iteraciones hasta obtener un valor de RMS (error conceptual) menor al 10%, en este caso se obtuvieron errores RMS entre 8,45 y 9,97%, lo que representa uniformidad y calidad en los datos adquiridos.

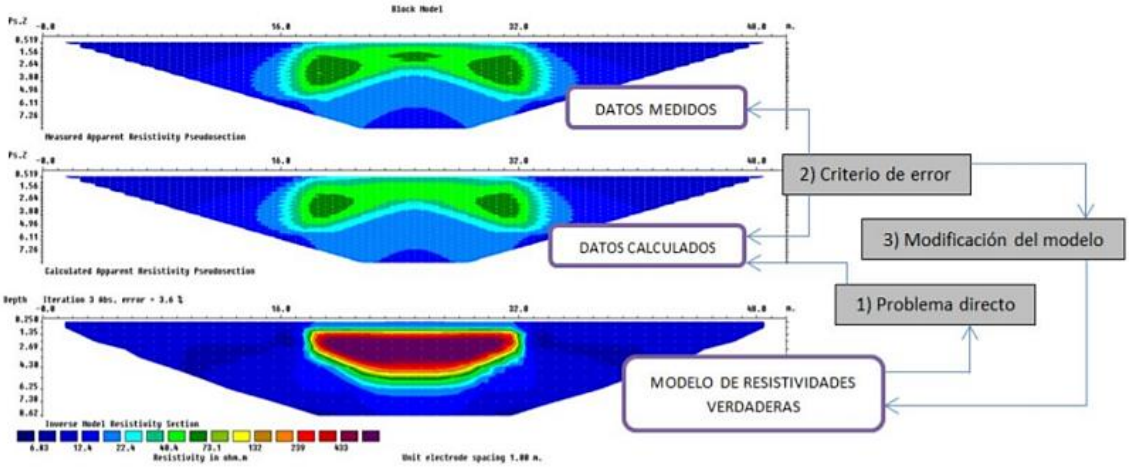


Figura 1-66 Etapas del proceso de inversión de datos de resistividad eléctrica. Fuente: Gómez, 2014.

➢ **Integración información geofísica**

A partir de los métodos geofísicos realizados en el área de influencia, tanto los que hacen parte de la información primaria como los de información secundaria, se definieron los topes, bases y litologías (con base en la respuesta resistiva presentada) de las unidades geológicas de interés para el proyecto.

➢ **Caracterización hidráulica**

El análisis de las pruebas de bombeo se realizó mediante el software AquiferTest 2016.1, el cual ofrece las herramientas necesarias para calcular las propiedades hidráulicas de los acuíferos como lo es la conductividad hidráulica, transmisividad y coeficiente de almacenamiento. Es lo suficientemente versátil como para considerar acuíferos confinados, semi-confinados, libres y fracturados.

A partir del procesamiento de los datos adquiridos durante las pruebas de bombeo, se estimaron los parámetros hidráulicos de los acuíferos captados por los pozos donde se realizaron las pruebas de bombeo, tales como conductividad hidráulica (K), coeficiente de almacenamiento (S), transmisividad (T), capacidad específica y radio de influencia, las cuales se describen de forma breve a continuación.

- Transmisividad (T)

La transmisividad es el volumen de agua que atraviesa una banda de acuífero de ancho unitario en la unidad de tiempo y bajo la carga de un metro y es representativa de la capacidad que tiene el acuífero para ceder agua. Lo más común es que la transmisividad se exprese en m^2/día.

En la **Tabla 1-25** se presentan los rangos de transmisividad con su respectiva calificación estimativa y la clasificación según su potencialidad como fuente de agua subterránea, clasificación tomada de M. Villanueva y A. Iglesias, 1984.

Tabla 1-25 Calificación estimativa de los valores de transmisividad

T (m^2/día)	CALIFICACIÓN ESTIMATIVA	POSIBILIDADES DEL ACUÍFERO	POTENCIALIDAD
T < 10	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.	Muy baja
10 < T < 100	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.	Baja
100 < T < 500	Media a alta	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.	Moderada
500 < T < 1000	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.	Alta
T > 1000	Muy alta	Pozos superiores a 100 l/s con 10 m de depresión teórica.	Muy alta

Fuente: M. Villanueva y A. Iglesias, 1984.

- Conductividad hidráulica (K)

Se conoce como conductividad hidráulica o permeabilidad (K) a la cantidad de agua, que, bajo condiciones físicas específicas, circula a través de una sección de área unitaria de acuífero en sentido del flujo, bajo un gradiente hidráulico unitario. Esta se obtiene como cociente entre la transmisividad (T) y el espesor del acuífero (b), y sus dimensiones se expresan en m/día. La permeabilidad o conductividad hidráulica (K) es una medida muy característica de la textura del acuífero, pero no representa como la transmisividad las posibilidades de ceder agua. Un acuífero muy permeable, pero de poco espesor, puede ser poco transmisivo y, como consecuencia, los pozos que en el mismo se construyan, no serán muy caudalosos (M. Villanueva y A. Iglesias, 1984). Una calificación cualitativa de los valores de permeabilidad que puede presentar un pozo se presenta en la **Tabla 1-26**.

Tabla 1-26 Calificación estimativa de los valores de conductividad hidráulica

K (m/día)	CALIFICACIÓN ESTIMATIVA
$K < 10^{-2}$	Muy baja
$10^{-2} < K < 1$	Baja
1 < K < 10	Media a alta
10 < K < 100	Alta
K > 100	Muy alta

Fuente: M. Villanueva y A. Iglesias, 1984.

A efectos de trabajar con acuíferos semiconfinados, conviene tener en cuenta los valores de permeabilidad de los materiales semipermeables (limo arenoso, limo, arcilla limosa y arcillas algo arenosas). En estos, la K suele estar comprendida entre 10^{-4} y 10^{-2} m/día, siendo 10^{-3} un valor medio representativo que se suele usar con mucha frecuencia. Por su parte, las capas impermeables tienen valores de K inferiores a los 10^{-4} m/día (M. Villanueva y A. Iglesias, 1984).

- Coeficiente de almacenamiento (S)

El coeficiente de almacenamiento es un concepto que determina la capacidad que tiene un acuífero para almacenar agua, la cual depende de manera directa, tanto de las características físicas del agua, como de las condiciones petrofísicas e hidráulicas del acuífero, así como de las presiones a las que se encuentra sometida el agua (presión intersticial o de poro) y las partículas granulares (presión intergranular o efectiva), que en general se consideran constantes, salvo que sean modificadas de manera artificial.

El coeficiente de almacenamiento (S) se define como la cantidad de agua que libera (o toma) una columna del acuífero, de sección horizontal unitaria y altura igual a su espesor saturado, cuando la carga hidráulica desciende (o asciende) una unidad. Por lo anterior S, es un coeficiente adimensional.

Los valores más representativos de coeficientes de almacenamiento para los diferentes tipos de materiales permeables se presentan en la **Tabla 1-27**.

Tabla 1-27 Valores de coeficiente de almacenamiento según el tipo de material

TIPO DE MATERIAL PERMEABLE		FORMA DE FUNCIONAMIENTO DEL ACUÍFERO	VALORES DE S (MEDIO)
Kárstico	Caliza y dolomías jurásicas	Libre	2×10^{-2}
		Semiconfinado	5×10^{-4}
		Confinado	5×10^{-5}
	Calizas y dolomías cretácicas y terciarias	Libre	$2 \times 10^{-2} – 6 \times 10^{-2}$
		Semiconfinado	$10^{-3} – 5 \times 10^{-4}$
		Confinado	$10^{-4} – 5 \times 10^{-5}$
Poroso intergranular	Gravas y arenas	Libre	$5 \times 10^{-2} – 15 \times 10^{-2}$
		Semiconfinado	10^{-3}
		Confinado	10^{-4}
Kársticos y porosos	Calcarenitas marinas terciarias	Libre	$15 \times 10^{-2} – 18 \times 10^{-2}$

Fuente: M. Villanueva y A. Iglesias, 1984.

Estos valores son los que parecen ser más adecuados para introducir por tanteo en los ensayos de bombeo, cuando las circunstancias particulares de la prueba no hayan permitido el cálculo directo, el cual se realiza mediante el uso de pozos observadores.

- Capacidad especifica

Es la relación que existe entre el caudal que se obtiene de un pozo y el abatimiento producido y se expresa en unidades de caudal por longitud [l/s/m]. Este valor es constante para acuíferos confinados y variables para los acuíferos libres. Es un término que representa el grado de eficiencia de un pozo ya que, de dos pozos perforados en una misma formación acuífera, el de menor capacidad específica tendrá menos eficiencia (Universidad Nacional de Colombia).

Para calcular la capacidad específica de un pozo, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$Ce = \frac{Q}{s} \quad [1]$$

Donde:

Q: Caudal utilizado en la prueba de bombeo
S: Abatimiento máximo presentado durante el bombeo

En función del valor de la capacidad especifica de un pozo, puede estimarse la productividad de este desde el punto de vista de su oferta hídrica subterránea. En la **Tabla 1-28** se presenta la productividad de un acuífero en función de la capacidad específica, según la AIH, 1983.

Tabla 1-28 Productividad de un acuífero en función de la capacidad específica

CAPACIDAD ESPECIFICA (l/s/m)	PRODUCTIVIDAD
Mayor a 5	Muy alta
Entre 2 y 5	Alta
Entre 1 y 2	Mediana
Entre 0,05 y 1	Baja
Menor a 0,05	Muy baja o nula

Fuente: Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), 1983.

- Radio de influencia – cono de abatimiento

Cuando se bombea un pozo, baja el nivel de agua en el mismo, y en toda la porción de acuífero circundante a él. La distancia existente entre el pozo de bombeo y la zona del acuífero, en la que la influencia puede considerarse nula, es el llamado radio de influencia, el cual se presenta gráficamente en la **Tabla 1-29**.

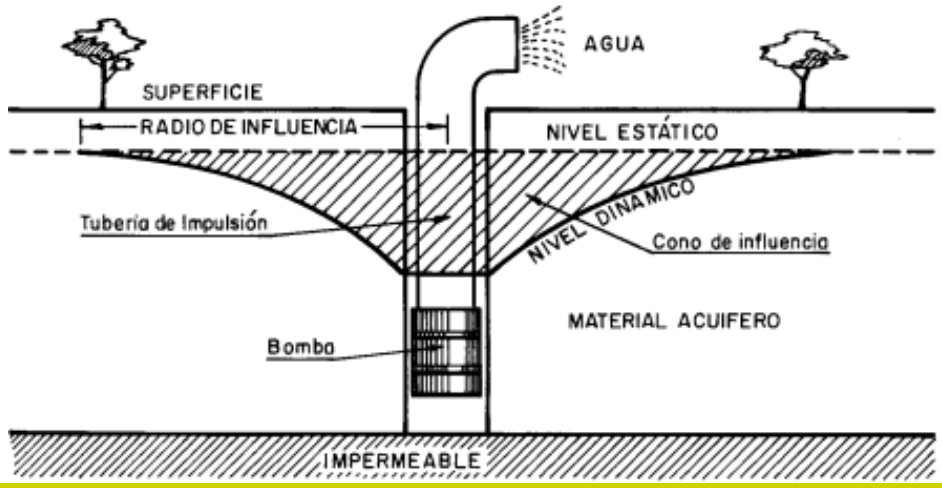


Figura 1-67 Cono de influencia generado al bombear
Fuente: Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), 1983.

El radio de influencia se calcula a partir de la fórmula de Jacob, la cual se presenta a continuación:

$$R = 1.5\sqrt{\frac{Tt}{S}} \quad [2]$$

Donde:

R: Radio de influencia (m)
T: Transmisividad (m^2/día)
t: Tiempo de bombeo (días)
S: Coeficiente de almacenamiento

El alcance y profundidad de este cono de abatimiento dependerá de las condiciones hidrogeológicas (transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero), del caudal y el tiempo de bombeo. El radio de influencia es más corto en los acuíferos porosos que en los kársticos y también más corto en los acuíferos libres que en los confinados. Por el contrario, los conos de abatimiento se presentan con mayores descensos en los acuíferos libres y los acuíferos porosos.

- **Recarga potencial**

El cálculo de la recarga potencial de acuíferos se realizó mediante un balance hídrico de suelos, según la propuesta de Schosinsky (2006) y Schosinsky y Losilla (2000). La metodología de estimación de recarga de Schosinsky se centra en el cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. Este enfoque considera múltiples variables que influyen en la recarga, tales como la precipitación mensual, la retención pluvial, la capacidad de infiltración del suelo, las características del suelo, la cobertura vegetal, la profundidad de las raíces, la evapotranspiración real, el uso del suelo y la pendiente del terreno.

Conocida la infiltración, se puede realizar un balance de suelos para estimar el agua que queda libre para recargar el acuífero que se encuentra debajo del suelo analizado. Para poder realizar el balance, se determinan: la infiltración de lluvia que penetra al suelo, la cobertura vegetal del suelo, la profundidad de las raíces extractoras del agua, la capacidad de campo, el punto de marchitez del suelo, la evapotranspiración potencial y la humedad del suelo al inicio del análisis. El estudio del balance de suelos se basa en el principio de la conservación de la materia. Es decir, el agua que entra a un suelo es igual al agua que se almacena en el suelo, más el agua que sale de él. Las entradas son debidas a la infiltración del agua, y las salidas se deben a la evapotranspiración de las plantas, más la descarga a los acuíferos (Schosinsky, 2006).

Las diferentes operaciones entre variables para calcular los coeficientes requeridos fueron realizadas mediante el programa Arcmap de ArcGis y su extensión ModelBuilder.

- ✓ Fracción de lluvia interceptada por el follaje

Lluvias menores de 5 mm mensuales, no generan infiltración en el suelo ya que se considera que, en un mes con lluvia, al menos 5 mm son retenidos por el follaje sin llegar al suelo (Schosinsky, 2006).

El cálculo de la retención mensual de lluvia por follaje es expresado en la siguiente ecuación:

Si ***P*** es menor o igual a 5 mm/mes, ***Ret =P***

Si el producto ***(P)(Cfo)*** es mayor o igual de 5 mm/mes, ***Ret=(P)(Cfo)***

Si ***P*** es mayor de 5 mm/mes y el producto ***(P) (Cfo)*** menor de 5, ***Ret= 5.***

Donde:

P=Precipitación mensual del mes [mm/mes]

Ret=Retención de lluvia en el follaje [mm/mes]

Cfo=Coeficiente de retención del follaje

Para bosques muy densos ***Cfo= 0,20***, otros ***Cfo=0,12*** [Adimensional]

Con el fin de asignar el coeficiente de retención del follaje al área de estudio, se tomó como base el mapa de coberturas vegetales.

El producto entre la precipitación y el coeficiente de retención del follaje (Cfo) da como resultado la retención de lluvia en el follaje.

- ✓ Coeficiente de infiltración

Uno de los factores que más influyen en la infiltración de la lluvia en el suelo, es el coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo (kfc), el cual está dado tentativamente por la siguiente ecuación (Schosinsky & Losilla, 2000):

$$Kfc = 0.267\ ln(Fc) - 0.000154\ Fc - 0.723$$

Donde:

Kfc [adimensional] = Coeficiente de infiltración (fracción que infiltra por textura del suelo);

Fc [mm/día] = Infiltración básica del suelo.

Para aplicar esta ecuación, el rango de ***Fc*** ha de encontrarse entre 16 a 1568 mm/día. Para valores de ***Fc*** menores a 16 mm/día:

$$Kfc = 0.014\ Fc\ /16$$

Para valores de ***Fc*** mayor a 1568 mm/día, ***Kfc = 1.***

El valor ***Fc*** corresponde a la permeabilidad del suelo saturado en los primeros 30 centímetros de profundidad, ya que se considera que este es el espesor del suelo que está en contacto directo con el agua lluvia.

Adicional al coeficiente de infiltración por textura del suelo (Kfc), para poder obtener el coeficiente de infiltración (Ci), es necesario calcular la fracción que infiltra por efecto de la pendiente (Kp) y la fracción que infiltra por efecto de cobertura (Kv) los cuales dependen de la pendiente y la cobertura vegetal respectivamente.

Para la determinación de las fracciones Kv y Kp, se hace uso de los valores sugeridos por Schosinsky y Losilla y que se presentan en la **Tabla 1-29**. La asignación de los valores de cada coeficiente según la pendiente y cobertura vegetal se realizó mediante el uso del software Arcmap de ArcGis.

Tabla 1-29 Valores sugeridos para los parámetros Kp y Kv según Schosinsky y Losilla (2000)

POR PENDIENTE	PENDIENTE	KP
MUY PLANA	0.02% - 0.06%	0.30
PLANA	0.3% - 0.4%	0.20
ALGO PLANA	1% – 2%	0.15
PROMEDIO	2% - 7%	0.10
FUERTE	Mayor a 7%	0.06
POR COBERTURA VEGETAL	**KV**	
COBERTURA CON ZACATE MENOS DEL 50%	0.09	
TERRENOS CULTIVADOS	0.10	
COBERTURA CON PASTIZAL	0.18	
BOSQUES	0.20	
COBERTURA CON ZACATE MÁS DEL 75%	0.21	

Fuente: Schosinsky y Losilla, 2000

Una vez establecidos los parámetros requeridos para el cálculo del coeficiente de infiltración del suelo, se aplica la siguiente formula:

$$C_i = k_p + k_v + k_{fc}$$

Donde:

Ci = Coeficiente de infiltración [adimensional].
Kp = Fracción que infiltra por efecto de pendiente [adimensional].
Kv = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal [adimensional]
Kfc = Fracción que infiltra por textura del suelo [adimensional]

Además de esto, es importante considerar:

Si Kp+Kv+Kfc es mayor de 1, Ci=1
Si Kp+Kv+Kfc es menor o igual a 1, Entonces Ci=Kp+Kv+Kfc

- ✓ Escorrentía superficial

La escorrentía superficial generada por la lluvia mensual corresponde a la precipitación mensual menos la retención de lluvia en el follaje menos la infiltración. La escorrentía mensual se calcula con la siguiente ecuación

$$ESC = P - Ret - Pi$$

Donde:

ESC= Escorrentía superficial en mm/mes.
P= Precipitación en mm/mes (dato meteorológico)
Rest=Retención de lluvia mensual por follaje en mm/mes
Pi=Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes

- ✓ Precipitación que infiltra mensualmente

Una vez calculado el coeficiente de infiltración (Ci) y el coeficiente de retención por follaje (Ret), se calcula la precipitación que infiltra mensualmente (Pi) haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$P_i = (C_I) * (P - Ret)$$

Donde:

Pi = precipitación que infiltra mensualmente en el suelo [mm]
Ci = coeficiente de infiltración
P = precipitación mensual en [mm/mes]
Ret = retención de la lluvia mensual por el follaje en [mm/mes]

- ✓ Recarga

Para obtener la recarga potencial del acuífero es necesario conocer cuatro variables: precipitación que infiltra en el suelo (Pi), humedad del suelo al final del mes (Hf), humedad del suelo al inicio de mes (Hi) y la evapotranspiración real. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial real es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$ETPR = \frac{C_1 + C_2}{2} ETP$$

Dónde:

C_1 = Es el coeficiente de humedad máximo sin considerar la evapotranspiración.
C_2 = Es el coeficiente de humedad mínimo considerando la evapotranspiración con C_1 y ETP es la evapotranspiración potencial mensual ($\frac{mm}{mes}$)

Los coeficientes de humedad no pueden ser mayores que 1 ni menores que 0, y se calculan como:

$$C_1 = \frac{HS_i - PM + P_i}{CC - PM}, \text{ y } C_2 = \frac{HS_i - PM + P_i - ETR_1}{CC - PM}$$

Donde:

$\boldsymbol{C_1}$ = Coeficiente de humedad al final del mes antes de que ocurra la evapotranspiración.
$\boldsymbol{Hsi}$ = Humedad al inicio del mes, humedad de suelo inicial en [mm].
$\boldsymbol{PM}$ = Punto de marchitez en [mm].
$\boldsymbol{P_i}$ = Precipitación que infiltra en [mm/mes].
$\boldsymbol{CC}$ =Capacidad de campo en [mm].
$\boldsymbol{C_2}$ = Coeficiente de humedad al final del mes, después de que ocurra la evapotranspiración.
$\boldsymbol{ETR_1}$ = Evapotranspiración potencial real [mm/ mes], considera la humedad correspondiente al coeficiente C1, es decir,

$$ETR_1 = C_1 ETP$$

Es importante mencionar que ninguno de los coeficientes de humedad, *C1* y *C2*, pueden ser superiores a 1, ni menores a 0. En caso de que *C1* o *C2*, sea mayor de 1, se tomará igual a 1. Si *C1* o *C2* son negativos se tomarán con valor de 0.

Para el cálculo de los coeficientes C1 y C2 se hizo uso de los parámetros de capacidad de campo y punto de marchitez definidos a partir de los análisis de laboratorio desarrollados en las muestras de

suelo tomadas en campo, de la precipitación que infiltra en el suelo (Pi) calculada anteriormente, de la humedad al inicio del mes (HSi) y de la evapotranspiración potencial real que considera el coeficiente C1 (ETR1).

La humedad al inicio de mes, por simplicidad y falta de información, se asume en el primer mes de mayor precipitación del balance como igual a la capacidad de campo, teniendo en cuenta que el suelo se encontraría saturado. Para los meses siguientes, se toma como la humedad del suelo al final del mes (HSf) del mes anterior. Para el cálculo de la HSf se aplica lo siguiente:

Si (HD+PM-ETR) es menor que la capacidad de campo CC entonces $HSf = HD + PM - ETR$
Si (HD+PM-ETR) es menor que la capacidad de campo CC entonces $HSf = CC$

HD se refiere a la humedad disponible en el suelo y que pueden tomar las raíces y se calcula como:

$$HD = HSi + Pi - PM.$$

De esta manera, se calculó la Humedad disponible, asumiendo HSi como la capacidad de campo, Pi como la precipitación que infiltra ya calculada y PM como el punto de marchitez calculado en laboratorio. Por último, se calcula la evapotranspiración potencial real que considera la humedad correspondiente al coeficiente C1 (ETR1) multiplicando la evapotranspiración potencial (ETP).

Teniendo todos los parámetros calculados, se puede obtener la evapotranspiración potencial real (ETPR), sin embargo, si la humedad disponible en el suelo es menor que la ETPR, la planta no podrá evapotranspirar dicha cantidad, sino que evapotranspirará únicamente la humedad disponible. De otra manera, su la humedad disponible (HD) es mayor que la evapotranspiración potencial real (ETPR), la planta evapotranspirará dicha cantidad. Por lo tanto, la evapotranspiración real (ETR) para la zona de estudio es:

$ETR = \frac{C_1+C_2}{2} ETP$ si ETPR es menor o igual a HD
$ETR = \mathrm{HD}$ si ETPR es mayor que HD

Finalmente, para estimar la recarga potencial se utiliza la siguiente ecuación, la cual básicamente es un balance hidrológico con las variables calculadas en los anteriores pasos:

$$R_p = P_i + HS_i - HS_f - ETR$$

Dónde:

$R_p =$ Es la recarga potencial mensual $(\frac{mm}{mes})$
$P_i =$ Es la precipitación que infiltra $(\frac{mm}{mes})$
$HS_i =$ Es la humedad del suelo al inicio del mes (mm)
$HS_f =$ Es la humedad del suelo al final del mes (mm)
$ETR =$ Es la evapotranspiración real $(\frac{mm}{mes})$

- **Mapa de dirección de flujo**

Para construir este mapa, inicialmente se definió el nivel piezométrico de los puntos de agua subterránea disponibles, este valor corresponde a la diferencia entre el nivel del agua medido y la altura de la boca del pozo desde la cual se midió. Una vez ajustado este valor, se realizó la corrección de la altura de los puntos de agua respecto al nivel del mar mediante un Modelo Digital de Elevación del terreno “DEM”, obteniendo de esta manera el nivel piezométrico de los puntos hidrogeológicos. Posteriormente, definida la altura respecto al nivel del mar y el nivel piezométrico de los puntos

hidrogeológicos, se descartaron aquellos puntos que presentaban columnas de agua con profundidades superiores a los 30 metros, ya que estos captan un nivel acuífero diferente al somero que es en el que se definirán las principales direcciones de flujo. Así mismo, se descartaron aquellos puntos en los que no fue posible medir el nivel del agua en campo y los que, aunque se midieron, corresponden a niveles dinámicos.

- **Determinación del potencial de recarga hídrica**

En el presente Estudio de Impacto Ambiental, para identificar zonas potenciales de recarga hídrica de acuíferos se aplicó una modificación de la metodología propuesta por Matus Silva, O.D. (2007).

En el año 2007, Matus Silva O.D. propuso una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica, la cual se basa en el análisis y evaluación de cinco (5) elementos biofísicos que tienen relación directa en la determinación de zonas con altas o bajas posibilidades para que se dé la recarga hídrica, las cuales son:

- Pendiente
- Tipo de suelo
- Tipo de roca
- Cobertura vegetal
- Uso del suelo

A cada una de las variables o elementos considerados en la metodología se le asigna una valoración o ponderación que va de 1 a 5, donde 1 corresponde al valor más bajo (características menos favorables para que ocurra la recarga hídrica) y 5 se les asigna a las características que más favorecen la recarga de los acuíferos.

Una vez que se evalúan las características del área considerando los elementos o variables de la metodología, se multiplica cada resultado obtenido por su factor correspondiente y se suman los elementos. Matus Silva, O.D., (2007) propone los siguientes pesos para cada elemento considerado dentro de la metodología, los cuales se relacionan tal como se presenta en la siguiente ecuación:

$$ZR = [0{,}27(Pend) + 0{,}23(Ts) + 0{,}12(Tr) + 0{,}25(Cve) + 0{,}13(Us)]$$

Donde:

Pend: Pendiente y microrrelieve
TS: Tipo de suelo
TR: Tipo de roca
CVE: Cobertura vegetal permanente
US: Usos del suelo

A partir de esta ecuación, se obtiene un número comprendido dentro del rango de posibilidades de recarga hídrica, el cual se detalla en la **Tabla 1-30**.

Tabla 1-30 Categorías del potencial de recarga hídrica y su respectivo rango

POTENCIAL DE RECARGA	RANGO
Muy alta	4,1 – 5
Alta	3,5 – 4,09
Moderada	2,6 – 3,49
Baja	2 – 2,59

POTENCIAL DE RECARGA	RANGO
Muy baja	1 – 1,99

Fuente: SGI S.A.S., 2025

- **Zonas de recarga, tránsito y descarga**

Una vez identificados los potenciales de recarga hídrica y su distribución espacial en el área de influencia, se procede a realizar la definición de las zonas de recarga teniendo en cuenta dichos resultados. Para ello, se correlacionan los rangos de potencial de recarga hídrica estimados a partir de la metodología propuesta por Matus Silva, O.D., (2007) con zonas de recarga y tránsito, tal como se presenta en la **Tabla 1-31**.

Tabla 1-31 Correlación entre el potencial de recarga hídrica y las zonas de recarga

POTENCIAL DE RECARGA	ZONA
Muy alta	Zona de recarga
Alta	
Moderada	Zona de tránsito
Baja	
Muy baja	

Fuente: SGI SAS, 2025

Las zonas con potencial de recarga hídrica muy alta y alta, se consideran zonas de recarga, mientras que los rangos de potencial inferiores a estos (moderada, baja y muy baja) se consideran zonas de tránsito. Ahora bien, para definir las zonas de descarga en el área de influencia, no se tienen en cuenta dichos potenciales sino los niveles piezométricos medidos en campo, a partir de los cuales se construyó un mapa con las direcciones preferenciales en las que fluye el agua subterránea en el primer nivel acuífero y, se evidenció que las zonas de descarga corresponden principalmente a los drenajes mayores ubicados dentro del área de influencia.

- **Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación**

En el presente estudio, para el cálculo de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación se seleccionó el método DRASTIC, dado su amplia difusión y aplicación por ser considerado el método más completo y presentar facilidad de integración de sus factores dentro de Sistemas de Información Geográfica –SIG- (Rahmna, 2008). Este método fue aplicado teniendo en cuenta los parámetros consignados en la Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la Contaminación presentada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MADS) en el año 2010.

La metodología DRASTIC es el método más utilizado, desarrollado por Aller et al., (1987) para la United States Enviromental Protection Agency (EPA) en 1988 y considera un posible contaminante con la misma movilidad en el medio que en el agua, introducido por la superficie del terreno e incorporado al agua subterránea mediante la recarga (lluvia y/o retorno de riego).

El método se basa en la asignación de índices que van de 1 (mínima vulnerabilidad) a 10 (máxima vulnerabilidad) de acuerdo con las características y el comportamiento de cada una de las siete (7) variables consideradas en el acrónimo DRASTIC:

- ✓ **D =** (depth to water): profundidad del nivel del agua
- ✓ **R =** (net recharge): recarga neta

- ✓ **A =** (aquifer media): formación geológica que constituye el acuífero
- ✓ **S =** (soil media): cubierta edáfica bajo la superficie del terreno
- ✓ **T =** (topography): pendiente del terreno
- ✓ **I =** (impact of vadose zone): tipo de material geológico de la zona no saturada
- ✓ **C =** (hydraulic conductivity): conductividad hidráulica del acuífero

En la **Figura 1-68** se presentan las siete (7) variables con los respectivos insumos requeridos para estimar la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación por el método DRASTIC.

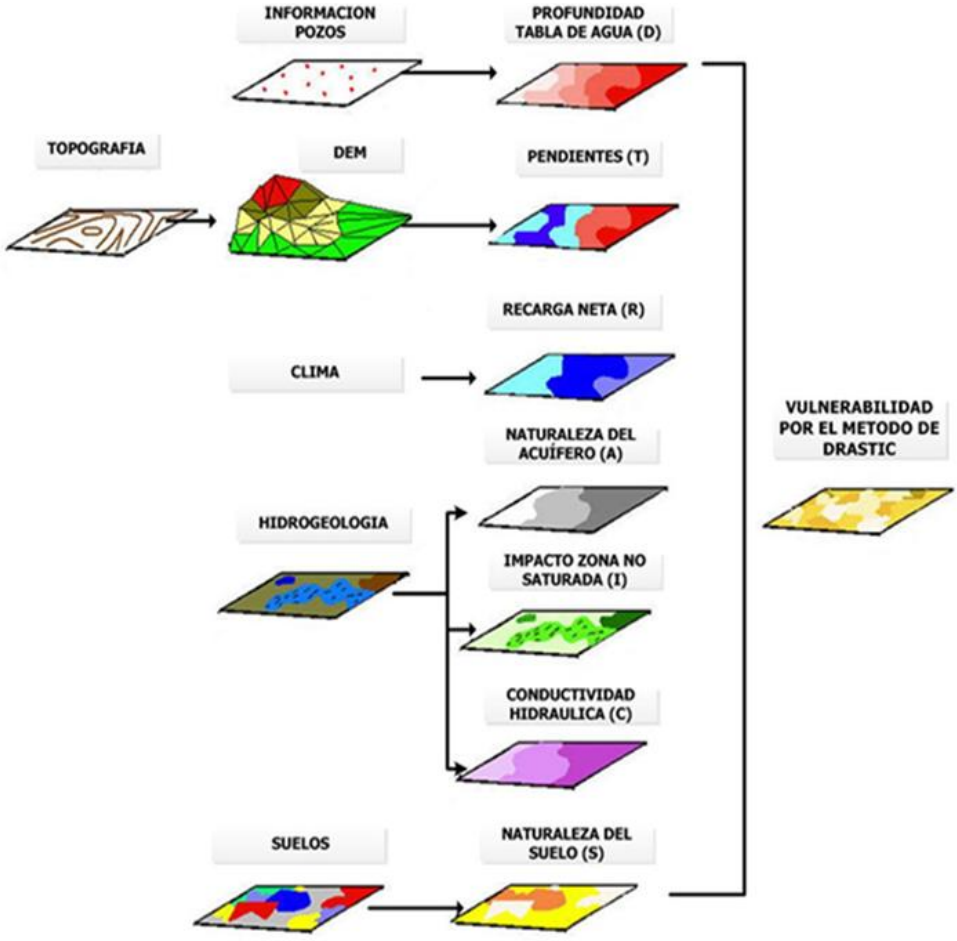


Figura 1-68 Variables consideradas para estimar la vulnerabilidad de los acuíferos por el método DRASTIC
Fuente: Modificado de National Service Center for Environmental Publications (NSCEP) (DRASTIC METOD, 1987)

A cada uno de los siete parámetros considerados por este método, se les asigna un valor comprendido entre el rango definido por la metodología, esto en función de los diferentes posibles escenarios que presenta cada parámetro, los cuales se presentan en la **Tabla 1-32**.

Tabla 1-32 Valoración de los parámetros empleados en el método DRASTIC para el cálculo de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación

FACTORES DE VALORACIÓN – MÉTODO DRASTIC	
PARÁMETRO	**VALORACIÓN**
Profundidad del nivel de agua (D)	**Dr**
< 1.5	10
1.5 – 4.6	9
4.6 – 9.1	7
9.1 – 15.2	5
15.2 – 22.9	3
22.9 – 30.5	2
> 30.5	1
Recarga neta (R)	**Rr**
0 – 50	1
50 – 103	3
103 – 178	6
178 – 254	8
> 254	9
Litología del acuífero (A)	**Ar**
Lutita masiva	1 – 3
Metamórfica/Ígnea	2 – 5
Metamórfica/Ígnea meteorizada	3 – 5
Arenas y gravas de origen glaciar	4 – 6
Secuencias de arenisca, caliza y lutitas	5 – 9
Arenisca masiva	4 – 9
Caliza masiva	4 – 9
Arena o grava	4 – 9
Basaltos	2 – 10
Caliza kárstica	9 – 10
Naturaleza del suelo (S)	**Sr**
Delgado o ausente	10
Grava	10
Arena	9
Agregado arcilloso o compactado	7
Arenisca margosa	6
Marga	5
Limo margoso	4
Arcilla margosa	3
Estiércol-cieno	2
Arcilla no compactada y no agregada	1
Topografía (T)	**Tr**
0 – 2	10

FACTORES DE VALORACIÓN – MÉTODO DRASTIC	
PARÁMETRO	**VALORACIÓN**
2 – 6	9
6 – 12	5
12 – 18	3
> 18	1
Naturaleza de la zona no saturada (I)	**Ir**
Capa confinante	1
Cieno-arcilla	2 – 6
Lutita	2 – 5
Caliza	2 – 7
Arenisca	4 – 8
Secuencias de arenisca, caliza y lutita	4 – 8
Arena o grava con contenido de cieno y arcilla significativo	4 – 8
Metamórfica/Ígnea	2 – 8
Grava y arena	6 – 9
Basalto	2 – 10
Caliza kárstica	8 – 10
Conductividad hidráulica (C)	**Cr**
0.04 – 4.08	1
4.08 – 12.22	2
12.22 – 28.55	3
28.55 – 40.75	6
40.75 – 81.49	8
> 81.49	10

Fuente: MAVDT, 2010

Con base en las siete (7) variables mencionadas, se determina un valor numérico para cada área con características homogéneas desde el punto de vista hidrogeológico. Para tal efecto, se desarrolla un modelo aditivo, a partir de la sumatoria de los valores asignados a cada parámetro y el peso ponderado que recibe cada una de las siete (7) variables. Por lo tanto, el índice de vulnerabilidad obtenido es el resultado de sumar el valor de cada parámetro multiplicado por su índice de ponderación:

$$\text{Contaminación potencial} = (\text{Dw} \cdot \text{Dr}) + (\text{Rw} \cdot \text{Rr}) + (\text{Aw} \cdot \text{Ar}) + (\text{Sw} \cdot \text{Sr}) + (\text{Tw} \cdot \text{Tr}) + (\text{Iw} \cdot \text{Ir}) + (\text{Cw} \cdot \text{Cr})$$

Dónde:

Dw, Rw, Aw, Sw, Tw, Iw y Cw corresponden a la ponderación de cada uno de parámetros o factores señalados anteriormente.
Dr, Rr, Ar, Sr, Tr, Ir y Cr corresponden a la valoración interna de cada parámetro de acuerdo con la variabilidad de la propiedad.

En la **Tabla 1-33** se presentan los factores de ponderación y los rangos de calificación de las siete (7) variables empleadas para el cálculo de la vulnerabilidad de los acuíferos por el método DRASTIC.

Tabla 1-33 Factores de ponderación y rangos de los parámetros empleados en el método DRASTIC para el cálculo de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación

VULNERABILIDAD MÉTODO DRASTIC		
PARÁMETROS	**FACTOR DE PONDERACIÓN (w)**	**RANGO (r)**
Profundidad del nivel de agua	5	1 - 10
Recarga neta	4	1 - 9
Litología del acuífero	3	1 - 10
Naturaleza del suelo	2	1 - 10
Topografía	1	1 - 10
Impacto de la zona no saturada	5	1 - 10
Permeabilidad	3	1 - 10

Fuente: National Service Center for Environmental Publications (NSCEP) - DRASTIC METOD

- **Construcción Modelo Hidrogeológico Conceptual**

Se siguió la metodología del Estudio Nacional del Agua (ENA) del 2022 (Ver **Figura 1-69**), la cual plantea que el modelo hidrogeológico conceptual se compone a partir de la compilación, análisis, integración y síntesis de información geológica, geofísica, hidrológica (dinámica de flujo, inventarios de puntos de agua, delimitación de áreas de recarga y su cuantificación), hidráulica (pruebas o ensayos de bombeo) e hidrogeoquímica.

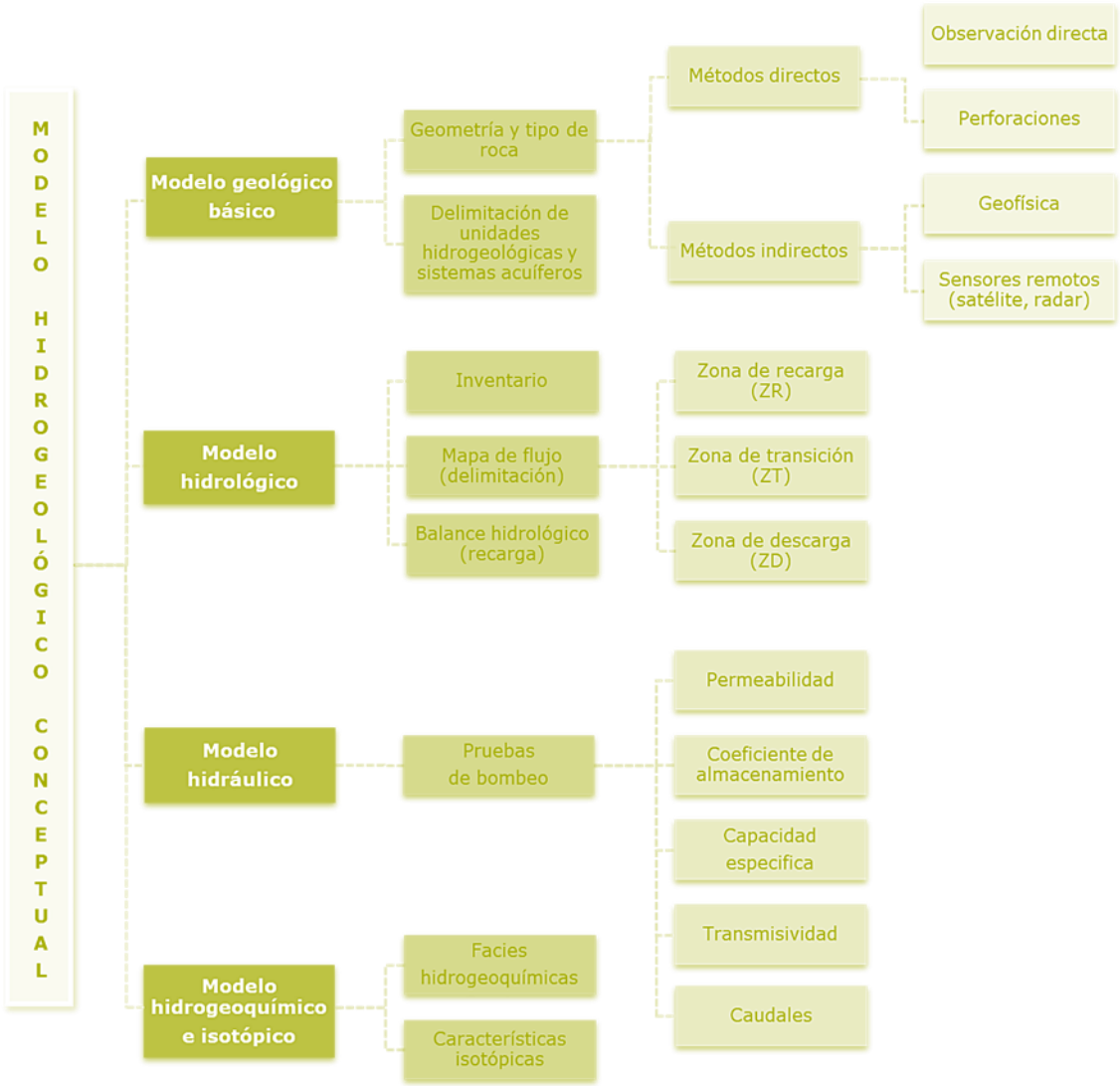


Figura 1-69 Diagrama esquemático Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC). Fuente: Estudio Nacional del Agua, 2022.

Se integró y organizó toda la información disponible, elaborando de esta forma el capítulo de hidrogeología, junto con los anexos respectivos.

- **Modelo Hidrogeológico Matemático (MHM)**

El modelo hidrogeológico matemático se realiza con el fin de evaluar la actividad de inyección en el área de influencia. El modelo numérico no es más que llevar la información recopilada en el modelo hidrogeológico conceptual y aplicarle una base numérica, que bien puede ser diferencias finitas o elementos finitos, la cual permite representar de manera simplificada la realidad. En este modelo numérico se integran las capas o unidades identificadas en el componente geológico con su respectivo espesor, geometría y extensión, las fallas geológicas que se comporten como barreras hidráulicos o como caminos preferenciales para los fluidos, la recarga potencial del acuífero, los parámetros hidráulicos calculados o inferidos de cada una de las capas y se utilizan los niveles piezométricos medidos en campo como referencia para verificar el ajuste del modelo a la realidad del área de interés en el que se quiere conocer el comportamiento de las unidades acuíferas.

Para el desarrollo del modelo hidrogeológico matemático se sugiere seguir los siguientes pasos:

- ✓ Dominio del modelo

El área o dominio de modelación queda definido por las zonas donde ocurren los procesos que se desean analizar. Los límites del dominio activo de modelación deben abarcar estas zonas y trazarse de acuerdo con el conocimiento confiable del conocimiento hidráulico del sistema, de tal forma que los límites puedan ser representados mediante condiciones de borde conocidas o simples de establecer y definir con la información existente.

- ✓ Geometría y malla del modelo

Para realizar la modelación existen dos códigos numéricos principales: el código basado en diferencias finitas y el código basado en elementos finitos. Ambos códigos se pueden aplicar para realizar la modelación, pero se recomienda utilizar elementos finitos debido a que presenta una ventaja a la hora de representar áreas y geometrías complejas, permitiendo tener un mayor rango de acción en la construcción de las mallas para modelación.

Dicho lo anterior, es importante durante este paso, generar una malla de buena calidad. En caso de que se trabaje con el programa Feflow y se usen elementos triangulares, se debe tener cuidado de que los triángulos sean lo más equiláteros posibles y sus ángulos internos sean lo más cercano a 60° posible. De igual forma es importante manejar de manera adecuada el refinamiento de la malla, generando un refinamiento mayor en las zonas de interés del proyecto y un refinamiento más grueso en zonas sin importancia para la modelación. De esta manera se ahorra esfuerzo computacional y tiempos de modelación.

Es importante para generar esta malla tener el conocimiento de la ubicación de puntos importantes como son: pozos captadores, pozos inyectores, inventario de puntos de agua subterránea, al igual que elementos tipo línea como drenajes, fallas y por último las superficies de cada uno de los topes de las formaciones que componen el modelo tridimensional.

- ✓ Parametrización

La parametrización incluye todo lo referido a introducir las propiedades hidráulicas de cada uno de las capas del modelo, donde se incluye conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento específico, conductancia de los lechos de los ríos, la recarga potencial del acuífero y la inclusión de las estructuras geológicas (fallas) como elementos de conductividad hidráulica en donde su capacidad de movilidad estará definida por su naturaleza sellante o de comunicación.

- ✓ Condiciones de frontera

La no definición y asignación apropiada de las condiciones iniciales y de contorno puede generar errores graves y restringir los resultados de las simulaciones (Franke et al., 1987). Todo modelo numérico requiere condiciones iniciales para el cálculo numérico de la solución en estado estacionario/transitorio. Para ello se debe asignar un valor de carga hidráulica o potencial (Φ) en todos los puntos o nodos del Ω y un tiempo inicial, usualmente establecido como t = 0.

$$\Phi = f(x, y, z, 0)$$

Para todos los puntos (nodos) x, y, z dentro del Ω; f es una función conocida.

En general, los problemas de flujo de aguas subterráneas están descritos por ecuaciones diferenciales parciales que requieren valores en los contornos o límites del Ω (Franke et al., 1987).

Se observa que para problemas en estado estacionario las condiciones de contorno no son necesarias, a menos que el problema sea no lineal, caso en el cual requieren un valor de inicio para el proceso iterativo (Diersch, 2014).

Bear (1979) estableció que existen varias condiciones de contorno para flujo en medios porosos (carga hidráulica constante, carga hidráulica especificada, línea de corriente o superficie de flujo), flujo especificado, flujo dependiente de la carga hidráulica, superficie libre e infiltración en la cara. Sin embargo, es común agruparlas en tres tipos (Dirichlet, Neumann, Cauchy) para modelos en estado estacionario y transitorio (Diersch, 2014).

- Tipo I o Dirichlet (carga hidráulica impuesta)

Es una condición de contorno de carga hidráulica conocida, se asigna a lo largo de una frontera del dominio y puede variar en el espacio (Anderson et al., 2015). La aplicación directa es la asignación de un valor potencial (nivel del agua subterránea conocido en el límite), concentración de mapa (masa de agua superficial perfectamente comunicada con el acuífero) o temperatura en función del problema que se va a tratar. Está definida por la unidad de longitud (L) (Diersch, 2014).

- Tipo II o Neumann (flujo impuesto)

Es una condición de contorno de flujo prescrito (flujo de Darcy) en los nodos de los elementos que están a lo largo de una línea (2D) o a los que conforman las caras de los elementos (3D). Las condiciones de contorno de este tipo se aplican cuando el gradiente de velocidad o flujo de entrada/flujo de salida se conoce de antemano y es normal a la superficie (Bear, 2012). Se aplica para las entradas de un acuífero presente en un valle con flancos o pendientes empinadas, la conexión de un acuífero con la superficie y puede variar en el espacio. Está definida por la unidad de longitud (L) y tiempo (T). Para modelos 2D su unidad será (L/T) y para modelos 3D (L2/T). Si esta condición tiene valor de 0 significa que no hay flujo ni velocidad, lo cual es típico en bordes impermeables (Diersch, 2014).

- Tipo III o Cauchy (flujo condicionado por la variación de la carga hidráulica)

Esta condición de contorno se denomina también de tipo mixto porque relaciona las condiciones del contorno de carga hidráulica (Dirichlet) con las de flujo (Neumann). En algunas situaciones el flujo cruza una parte del contorno de la superficie y cambia dentro del acuífero en respuesta a las variaciones de la carga hidráulica. Esto se observa en el caso de ríos o lagos que tienen conexión limitada con las aguas subterráneas (nivel de agua superficial = nivel de agua subterránea) o acuíferos semiconfinados en los que el goteo condiciona la transferencia de flujo entre los medios permeable y semipermeable. Está definida por la unidad de longitud (L) (Diersch, 2014).

Estas condiciones de frontera deben corresponder a valores medidos en campo o de fácil asunción, de esta manera se representan drenajes permanentes, cuerpos lenticos perenes, pozos de captación y pozos de inyección.

- ✓ Calibración del modelo

La calibración del modelo consiste en ajustar los parámetros integrados al modelo numérico en un rango coherente con la realidad, con tal de que los resultados obtenidos en la simulación estén cercanos a lo observado en campo.

Los valores observados y calculados se comparan y se ajusta el modelo hasta tener una cercanía aceptable. Existen diferentes parámetros para verificar el ajuste y calibración del modelo numérico: Parámetros cuantitativos y cualitativos. Para el caso de las estadísticas se utiliza normalmente el error medio cuadrático normalizado y el error medio absoluto. El error medio cuadrático normalizado

es aceptable con un valor menor al 7%, para el caso del error medio absoluto, se considera aceptable si es menor al 5% de la diferencia máxima de niveles piezométricos observados en la zona de estudio (SEA, 2012).

Por otra parte, la evaluación cualitativa de realiza comparando y verificando la consistencia de mapas de flujo y perfiles entre el modelo conceptual y los resultados del modelo numérico. Es importante destacar que el objetivo principal de la calibración es buscar la consistencia entre los resultados del modelo numérico y el modelo conceptual. Es por esto por lo que se debe dar mayor peso a la representación cualitativa de las tendencias del modelo conceptual por sobre la estricta minimización del error numérico.

- ✓ Aprovechamiento del modelo

Una vez calibrado el modelo matemático, se pueden simular y evaluar la respuesta de los acuíferos ante diferentes tipos de estímulos. En este caso en específico, como se evaluará la actividad de inyección, mediante el Modelo Hidrogeológico Matemático se espera obtener los incrementos de presión que se generarían en las diferentes capas producto de la inyección de fluidos. Igualmente, se podrá determinar el bulbo de presión generado y estimar sus dimensiones.

Definidos estos parámetros, se elabora el Modelo Hidrogeológico Matemático (MHM) para la actividad de inyección en el área de influencia y se elabora el respectivo informe.

1.5.3.1.5 Suelos

El suelo, sustrato básico de la vida terrestre, está formado por una mezcla compleja de interacciones dinámicas y constituyen un intrincado campo de estudio (Montenegro y Malagón, 1990), su definición ha tenido varios puntos de vista, dependiendo de la disciplina, donde para un agricultor, es solo el sitio para depositar las semillas, para un Geólogo podría ser el recubrimiento terroso de una roca y para Ecólogo es uno de los componentes del ecosistema que estudia (Jaramillo 2002).
En general, la formación del suelo comprende un conjunto de procesos que transforman una roca o el material parental en suelo, las fases iniciales se caracterizan por una serie de cambios que se agrupan bajo el proceso de meteorización o intemperización y a medida que pasa el tiempo, tienen lugar otros procesos que afectan al suelo, que son los denominados procesos edafogenéticos, que con la meteorización definen las características del suelo resultante (Pinto *et al.,* 2004), donde la génesis, que es la ciencia que estudia la evolución de los suelos y los procesos de formación, es el puente que comunican grandes disciplinas como la química, la física, la geología, la biología, la climatología y la geografía entre otros (Buol *et al.,* 1981).

De acuerdo con lo anterior, el presente documento tiene como objetivo describir la metodología utilizada para el estudio de suelos del área de influencia de las actividades contempladas en el “Estudio de Impacto Ambiental para El Área de Desarrollo de Bucare”, para dar cumplimiento a los términos de referencia H-TER-1-03 del 2010 y la metodología de estudios ambientales del 2018.

Para el desarrollo de este estudio, se tuvo en cuenta la siguiente informaciòn:

- ✓ Estudio de impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental del APE CPO-09 a escala 1:25000 del 2013 (2015)
- ✓ Estudio de impacto ambiental del área de perforación exploratoria ZOCAY
- ✓ Modelo de elevación digital
- ✓ Geomorfología del área de influencia a escala 1:10000, la cual sehomologò, de acuerdo a los lineamientos del IGAC presentada en el “GLOSARIO DE TÉRMINOS GEOMORFOLÓGICOS APLICADOS A LEVANTAMIENTOS DE SUELO”, Código: IN-GAG-PC04-02, vigente a partir de abril del 2021 y el “SISTEMA DE CLASIFICACION

GEOMORFOLOGICA APLICADA A ESTUDIOS DE SUELOS", vigente a partir de septiembre del 2019, como lo muestra en la **Tabla 1-34**.

Tabla 1-34 Homologación geomorfológica

SGC		IGAC (2019)			
COMPONENTE	**SIMBOLO**	**PAISAJE**	**TIPO RELIEVE**	**FORMA TERRENO**	**SIMBOLO**
Escarpe estructural de abanico aluvial	**Eee**	Piedemonte	Abanico aluvial	Talud	PVAT
Cuerpo de abanico aluvial	Faa	Piedemonte	Abanico aluvial	Cuerpo	PVAC
Escarpe de abanico aluvial	Fea	Piedemonte	Abanico aluvial	Talud	PVAT
Plano anegadizo de abanico abanico aluvial	Fpaa	Piedemonte	Abanico aluvial	Bajo	PVABA
Vega	Fv	Planicie	Vallecito	Vega	No suelo-depósitos de cauce
		Valle	Vallecito	Vega	No suelo-depósitos de cauce
		Piedemonte	Vallecito	Vega	No suelo-depósitos de cauce
Meandro abandonado	Fma	Valle	Plano de inundación	Meandro abandonado	CA
		Planicie	Plano de inundación	Meandro abandonado	CA
Orillar	For	Planicie	Plano de inundación	Complejo de orillales	No suelo-depósitos de cauce
		Valle	Plano de inundación	Complejo de orillales	No suelo-depósitos de cauce
Plano de inundación	Fpi	Planicie	Plano de inundación	Napa de desborde	RVPN
		Valle	Plano de inundación	Cubeta de desborde	VVPCD
Cuenca de decantación	Fcd	Planicie	Plano de inundación	Cubeta de decantación	RVPCDD
Barras compuestas	Fbc	Planicie	Plano de inundación	Barras e islotes	No suelo-depósitos de cauce
		Valle	Plano de inundación	Barras e islotes	VVPI
Barra puntual	Fbp	Planicie	Plano de inundación	Barras e islotes	No suelo-depósitos de cauce
		Valle	Plano de inundación	Barras e islotes	VVPI
Isla	Fi	Valle	Plano de inundación	Barras e islotes	VVPI
		Planicie	Plano de inundación	Barras e islotes	No suelo-depósitos de cauce
Cauce aluvial	Fca	Planicie	Cauce aluvial	Cauce aluvial	CA
		Valle	Cauce aluvial	Cauce aluvial	CA
Plano anegadizo de terraza nivel uno	Fpa1	Planicie	Terraza aluvial nivel uno	Bajo de terraza	RVT1B
		Valle	Terraza aluvial nivel uno	Bajo de terraza	VVT1B
Plano de terraza de acumulación nivel uno	Fta1	Planicie	Terraza aluvial nivel uno	Plano de terraza	RVT1P

SGC		IGAC (2019)			
COMPONENTE	**SIMBOLO**	**PAISAJE**	**TIPO RELIEVE**	**FORMA TERRENO**	**SIMBOLO**
		Valle	Terraza aluvial nivel uno	Plano de terraza	VVT1P
Escarpe de terraza de acumulación nivel 1	Ftae1	Valle	Terraza aluvial nivel tres	Talud	VVT1T
Plano anegadizo de terraza nivel dos	Fpa2	Valle	Terraza aluvial nivel dos	Bajo de terraza	VVT2B
Plano de terraza de acumulación nivel dos	Fta2	Valle	Terraza aluvial nivel dos	Plano de terraza	VVT2P
Plano anegadizo de terraza nivel tres	Fpa3	Valle	Terraza aluvial nivel tres	Bajo de terraza	VVT3B
Plano de terraza de acumulación nivel tres	Fta3	Valle	Terraza aluvial nivel tres	Plano de terraza	VVT3P
Escarpe de terraza de acumulación nivel tres	Ftae3	Valle	Terraza aluvial nivel tres	Talud	VVT3T
Laguna	Flg	Valle	Laguna	Laguna	CA
Excavaciones para cuerpos de agua artificiales	Asej	no suelo	no suelo	no suelo	no suelo
Excavaciones para acuicultura	Asea	no suelo	no suelo	no suelo	no suelo
Canal artificial	Aca	no suelo	no suelo	no suelo	no suelo
Rellenos antrópicos para vias	Arv	no suelo	no suelo	no suelo	no suelo
Rellenos antrópicos para explotaciòn de hidrocarburos	Arh	no suelo	no suelo	no suelo	no suelo
Rellenos antrópicos de zonas industriales y comerciales	Arzi	no suelo	no suelo	no suelo	no suelo
Rellenos antrópicos de tejidos urbanos discontinuos	Aru	no suelo	no suelo	no suelo	no suelo
Rellenos de escombros	Are	no suelo	no suelo	no suelo	no suelo

Fuente: SGI S.A.S, 2025

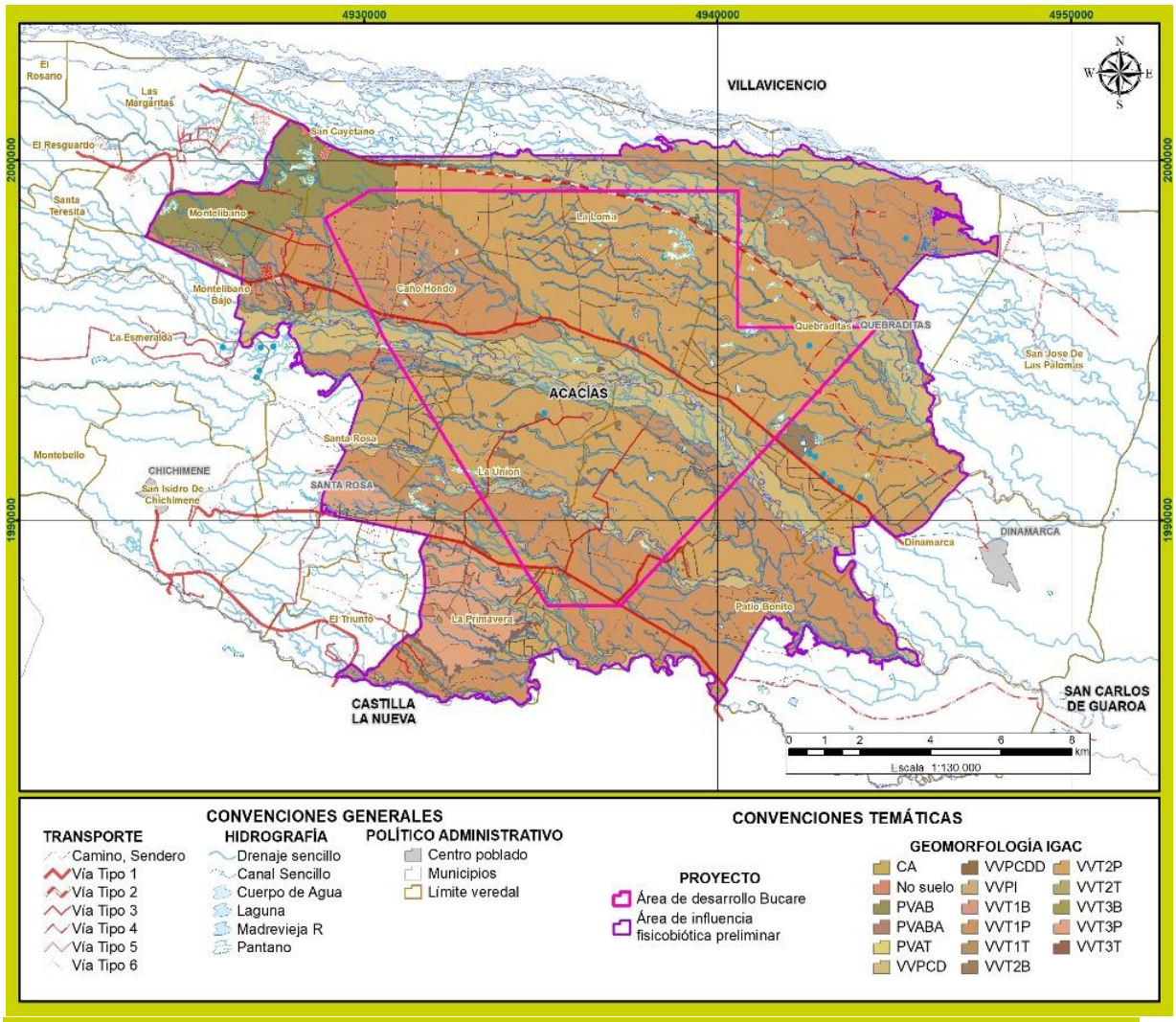


Figura 1-70 Geomorfología del área de influencia bajo los lineamientos del IGAC, 2019
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ POMCA del Rio Guayuriba
- ✓ POMCA Acacias-Pajure

- ➢ **Etapa Pre-campo**

La etapa pre-campo comprendió la recopilación de la información disponible y la geomorfología, debidamente homologada al sistema jerarquizado del IGAC, hasta forma de terreno, con el fin de obtener la leyenda preliminar, con la que se planifico la densidad y la ubicación de las observaciones de campo, como lo muestra la **Tabla 1-35.**

Tabla 1-35 Estructura de la leyenda preliminar de suelos

PAISAJE	AMBIENTE MORFOGENETICO	MATERIAL GEOLOGICO	TIPO DE RELIEVE	FORMA DE TERRENO	UCS

Fuente: SGI SAS, 2024

Las observaciones de campo, que se realizaron, corresponden a observaciones tipo cajuela (24cajuelas- Ver **Fotografía 1-14**) y tipo barreno (26 barrenos **Fotografía 1-15**) que se utilizaron para determinar los suelos representativos en cada unidad geomorfológica como lo muestra la **Tabla 1-36**, **Tabla 1-37** y **Figura 1-71,** utilizando los formatos relacionados en el "**Anexo 3.3 Guías metodológicas/Anexos 1.5.3.1.5/_Anexo 1_Formatos de campo y Anexo 3.3 Guías metodológicas/Anexos 1.5.3.1.5/_Anexo 1_Formatos de campo Anexo 3_ Formatos de campo observaciones**"

Tabla 1-36 Ubicación de los Puntos de Observación para el área de influencia del proyecto

OBSERVACIÒN	TIPO OBSERVACIÒN	MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		UCS
		E (m)	N (m)	
BVVaT1P-1	Barreno	4938999	1986624	VVT1P
CVVT3T-1	Cajuela	4934646	1987096	PVAT
CVVPCD-4	Cajuela	4935065	1987225	VVPCD
CVVT3P-2	Cajuela	4934174	1987248	PVAB
CVVT3B-1	Cajuela	4934192	1987444	PVAB
BPVABA-12a	Barreno	4935388	1987556	PVABA
BVVT1P-2a	Barreno	4941241	1987584	VVT1B
CVVT2P-1	Cajuela	4934913	1987597	PVAB
BVVPCD-1	Barreno	4941846	1987987	VVPCD
CVVT1P-2	Cajuela	4941366	1989980	VVT1B
BVVT3T-1	Barreno	4931754	1990104	PVAT
CVVT2P-3	Cajuela	4938692	1990336	PVAB
CPVABA-4	Cajuela	4931998	1991709	PVABA
BVVPCD-2	Barreno	4929429	1992052	VVPCD
BVVT2B-1	Barreno	4932670	1992064	PVABA
CVVT2P-9a	Cajuela	4937968	1992750	VVT2P
CVVT2P-8a	Cajuela	4938032	1992764	VVT2P
BVVT1P-10a	Barreno	4938538	1993192	VVT1P
BPVAB-8a	Barreno	4941524	1993576	PVAB
BPVAT-1	Barreno	4929236	1993936	PVAT
CVVT2T-1	Cajuela	4932751	1994030	PVAT
BVVT2T-1	Barreno	4931575	1994218	PVAT
CVVT2B-2	Cajuela	4942624	1994267	PVAB
CVVT1P-1	Cajuela	4930131	1994435	VVT1P
CVVPCD-1	Cajuela	4932637	1994879	VVT1P
BVVPCD-5	Barreno	4930245	1995181	VVPCD
BVVPCD-9a	Barreno	4927814	1995527	VVPCD
BRVPCD-2a	Barreno	4944028	1995599	RVPCD
CVVT2B-2a	Cajuela	4926428	1995840	VVT2B
BVVT1P-3	Barreno	4934258	1995923	PVAB

OBSERVACIÒN	TIPO OBSERVACIÒN	MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		UCS
		E (m)	N (m)	
CVVT3T-4a	Cajuela	4926456	1995958	VVT3T
CVVT1T-2	Cajuela	4927926	1996042	VVT3T
BVVT1B-2	Barreno	4932048	1996043	PVABA
CVVT3P-1	Cajuela	4933454	1997130	PVAB
BVVT1B-1	Barreno	4925810	1997274	VVT3B
CVVT3P-5a	Cajuela	4925684	1997370	VVT3P
CVVT3P-6a	Cajuela	4924720	1997507	VVT3P
BVVT2P-2	Barreno	4935817	1997512	PVAB
BVVCPD-4a	Barreno	4937008	1997642	RVPCD
CVVT2B-1	Cajuela	4933586	1997919	PVAB
BPAVB-1	Barreno	4926178	1998017	PVAB
BPVABA-1	Barreno	4925640	1998073	PVABA
BPVAB-2	Barreno	4927723	1998207	PVAB
BVVT2B-1a	Barreno	4933614	1998236	PVABA
CVVT1P-3	Cajuela	4945450	1998299	RVT1P
CPVAB-1	Cajuela	4926444	1998414	PVAB
BRVT1P-1a	Barreno	4943801	1998603	RVT1P
CPVABA-1	Cajuela	4927973	1999086	PVABA
BRVPCD-3a	Barreno	4943899	1999595	RVPCD
CVVPCD-2	Cajuela	4935179	1999753	RVT1P
CVVPCD-3	Cajuela	4936014	1999762	RVT1P
BRVPCD-1a	Barreno	4935140	1999893	RVPCD
CPAVT-1	Cajuela	4930194	2000015	PVAT
BVVCPD-7a	Barreno	4933231	1994889	VVT1P
CVVPCDD-1	Cajuela	4935902	1994898	VVPCD
BVVT1P-9a	Barreno	4938882	1993690	VVT1P
CVVPCD-8a	Cajuela	4938502	1993754	VVPCD
BVVCPD-4	Barreno	4937008	1997642	VVPCD
BVVTIP-2	Barreno	4927758	1997240	PVAB
BVVT2P-1	Barreno	4936017	1996253	VVT2P

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 1-37 Consolidado observaciones realizadas por unidad geomorfológica

PAISAJE	TIP0 DE RELIVE	FORMA TERRENO	UCS	CALICATAS	# OBSERVACIONES	TIPO UCS
Piedemonte	Abanico aluvial sub reciente	Cuerpo	PVAC	Calicata 7 y 3	12	Asociación
		Bajo	PVABA	Calicata 4 y 13	7	Consociaciòn
		Talud	PVAT	Calicata 5	6	Consociaciòn

PAISAJE	TIP0 DE RELIVE	FORMA TERRENO	UCS	CALICATAS	# OBSERVACIONES	TIPO UCS
Planicie	Terraza aluvial nivel 1	Plano de terraza	RVT1P	Calicata 8	4	Consociaciòn
		Bajo	RVT1B*	Calicata 10	0	Consociaciòn
	Plano de inundación	Napa de desborde	RVPN	Calicata 11	4	Consociaciòn
		Cubeta de decantación	RVPCDD*	Calicata 11	0	Consociaciòn
Valle	Terraza aluvial nivel 1	Plano de terraza	VVT1P	Calicata 9	4	Consociaciòn
		Bajo	VVT1B	Calicata 10	1	Consociaciòn
		Talud	VVT1T*	Calicata 12	0	Consociaciòn
	Terraza aluvial nivel 2	Plano de terraza	VVT2P	Calicata 1	3	Consociaciòn
		Bajo	VVT2B*	Calicata 10	0	Consociaciòn
	Terraza aluvial nivel 3	Plano de terraza	VVT3P	Calicata 6	2	Consociaciòn
		Bajo	VVT3B	Calicata 10	1	Consociaciòn
		Talud	VVT3T	Calicata 12	2	Consociaciòn
	Plano de inundación	Cubeta de desborde	VVPCD	Calicata 2	4	Consociaciòn
	Cauce aluvial	Islostes y barras	VVPI*	Calicata 2	0	Grupo no diferenciado
Total					**50**	

Fuente: SGI S.A.S, 2025

*** Ver limitaciones**

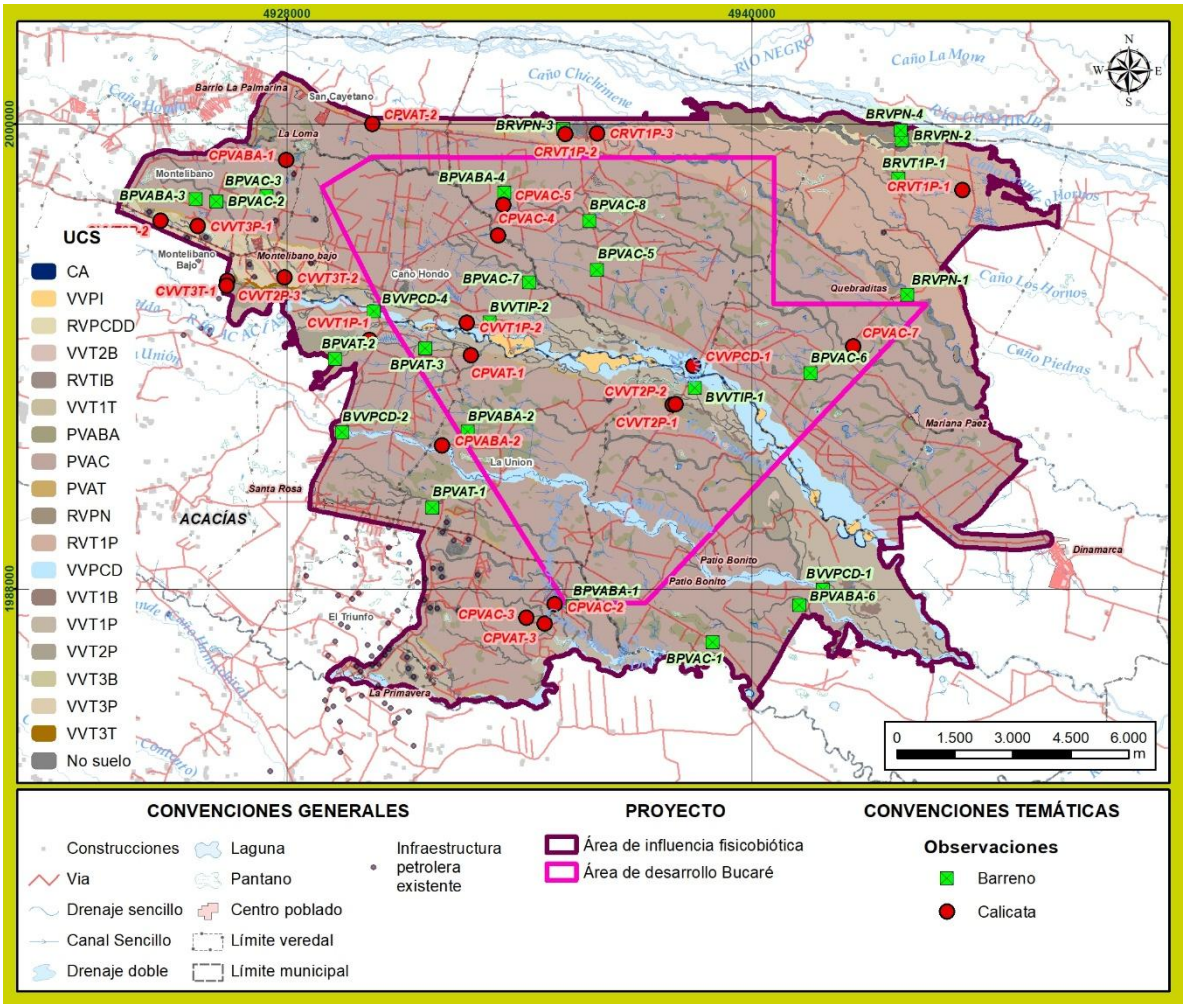


Figura 1-71 Localización de las observaciones de campo tipo cajuela y barreno
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-14 Observación tipo cajuela
Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional
Este: 4931998 Norte: 1991709
Fuente: SGI SAS, 2025



Fotografía 1-15 Observación tipo barreno
Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional
Este: 4935817 Norte : 1997512
Fuente: SGI SAS, 2025

Los Parámetros que se determinaron en cajuelas fueron los siguientes:

- ✓ Espesor del horizonte
- ✓ Nomenclatura de horizontes
- ✓ Color con TABLA MUNSELL
- ✓ Color de moteados y porcentaje en caso de presentarse
- ✓ Textura al tacto (recomendaciones de USDA)
- ✓ Estructura
- ✓ Consistencia del suelo
- ✓ Fragmentos de roca y porcentaje

- ✓ Cantidad y tamaño de poros
- ✓ Cantidad y tamaño de raíces
- ✓ Actividad de macroorganismos
- ✓ pH
- ✓ Presencia de carbonatos con HCl al 10%
- ✓ Presencia de cenizas volcánicas
- ✓ Presencia de hierro ferroso
- ✓ Determinación de iones reducidos de hierro
- ✓ Nitidez y límites entre horizontes
- ✓ Compactación

En barrenos se determinó:

- ✓ Espesor del horizonte
- ✓ Nomenclatura de horizontes
- ✓ Color con TABLA MUNSELL
- ✓ Color de moteados y porcentaje en caso de presentarse
- ✓ Textura al tacto (recomendaciones de USDA)

- ➢ **Etapa de campo**

Con la información mencionada en la etapa de pre-campo, el equipo de trabajo se trasladó a la zona, donde se reconoció el área, para validar la información cartográfica mencionada y conocer la infraestructura vial. Adicionalmente, se consideró la relación suelo-paisaje y ambiente morfogenético por medio de observaciones detalladas (Cajuelas), de comprobación (barreno) y de caracterización (Calicatas).

El sistema de trabajo empleado será el de mapeo libre, donde se ubicaron los sitios de las observaciones para cada unidad geomorfológica. Es importante anotar que, para realizar el procedimiento, se utilizará un GPS de precisión menor a 3 m de radio y la aplicación AVENZA.

Luego de identificar los suelos, en cada unidad geomorfología, se procedió a ubicar las observaciones de caracterización, con el fin de realizar el muestreo en cada uno de los horizontes identificados (Calicatas), en los suelos representativos en cada unidad geomorfológica.

En las Calicatas (**Fotografía 1-16**) se van a medir, en campo, los siguientes parámetros:

- ✓ Espesor del horizonte
- ✓ Nomenclatura de horizontes
- ✓ Color con TABLA MUNSELL
- ✓ Color de moteados y porcentaje en caso de presentarse
- ✓ Textura al tacto (recomendaciones de USDA)
- ✓ Estructura
- ✓ Consistencia del suelo
- ✓ Fragmentos de roca y porcentaje en el perfil
- ✓ Cantidad y tamaño de poros
- ✓ Actividad de macroorganismos
- ✓ Raíces, cantidad y tamaño
- ✓ pH
- ✓ Presencia de carbonatos con HCl al 10%
- ✓ Presencia de cenizas volcánicas
- ✓ Determinación de iones reducidos de hierro
- ✓ Límite de horizonte por nitidez y topografía

- ✓ Compactación
- ✓ En cada calicata se midió la velocidad de infiltración por el método de anillos concéntricos.

Adicional a lo anterior, se determinó la Profundidad efectiva, horizontes diagnósticos, taxonomía de manera preliminar, al orden, suborden, gran grupo, subgrupo, clase por tamaño de partícula, de acuerdo con los criterios Soil Taxonomy (2014) de la USDA, o versión más actualizada, frecuencia de encharcamiento, frecuencia de inundación, presencia de nivel freático, drenaje interno y externo, vegetación y uso actual, entre otros, teniendo en cuenta la "Guía para descripción de suelos de la FOA (2016)".



Fotografía 1-16 Observación tipo Calicata 7
Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional
Este: 4926146 Norte: 1997927
Fuente: SGI SAS, 2025

Tabla 1-38 Localización de las calicatas

UCS	CALICATA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
VVT3P	Calicata 6	4924850	1997502
PVAC	Calicata 7	4926146	1997927
PVAT	Calicata 5	4925612	1997559
PVABA	Calicata 4	4932808	1992052
VVPCD	Calicata 2	4941836	1987991
PVAC	Calicata 3	4934111	1987337
VVT1P	Calicata 9	4930144	1994432
VVT2P	Calicata 1	4926430	1995779
RVT1P	Calicata 8	4935907	1999662
VVT3B	Calicata 10	4925792	1997275
RVPN	Calicata 11	4943869	1999856
VVT3T	Calicata 12	4926506	1995988

UCS	CALICATA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PVABA	Calicata 13	4941239	1987585

Fuente: SGI S.A.S, 2025

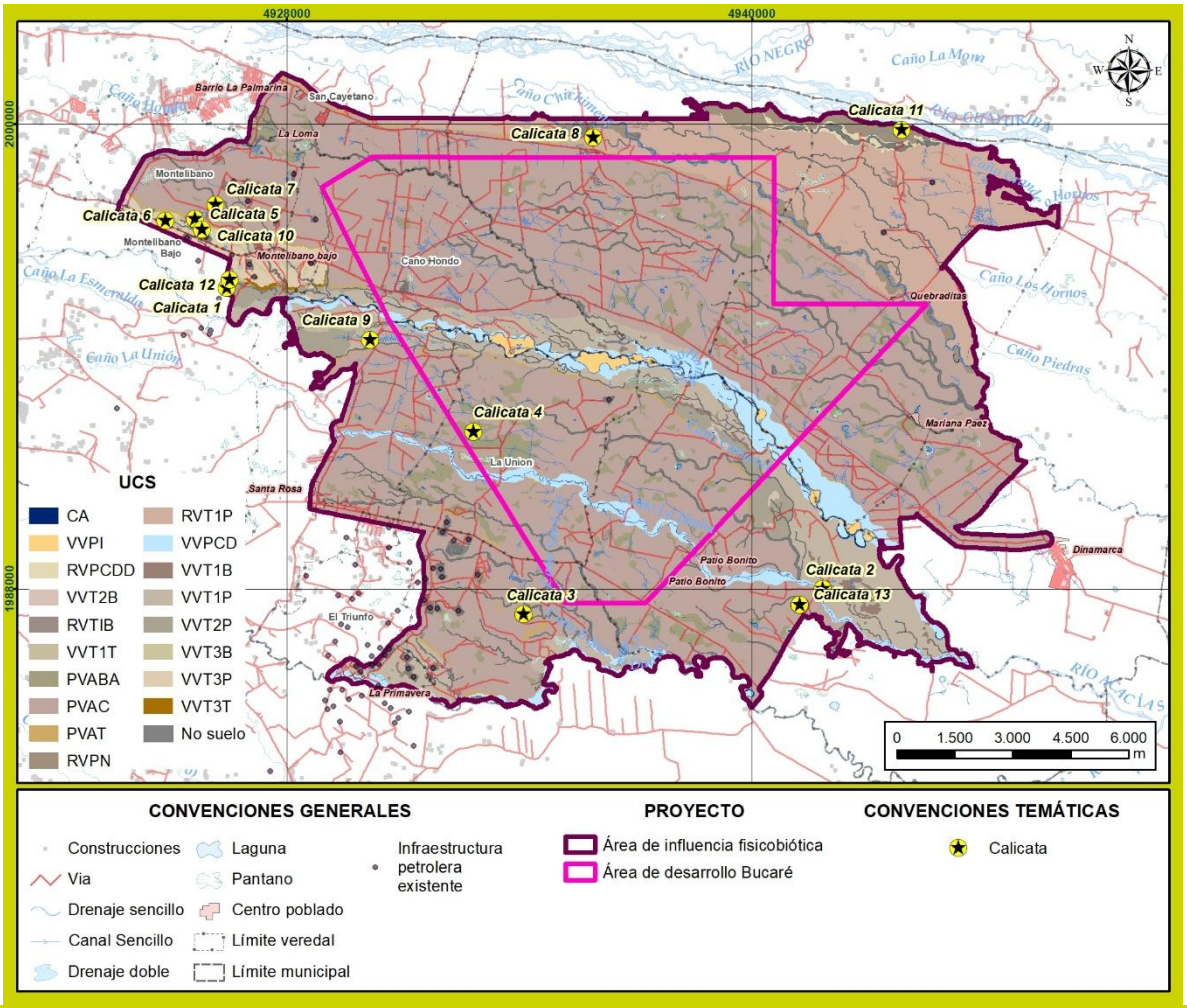


Figura 1-72 Localización de las calicatas
Fuente: SGI S.A.S, 2025

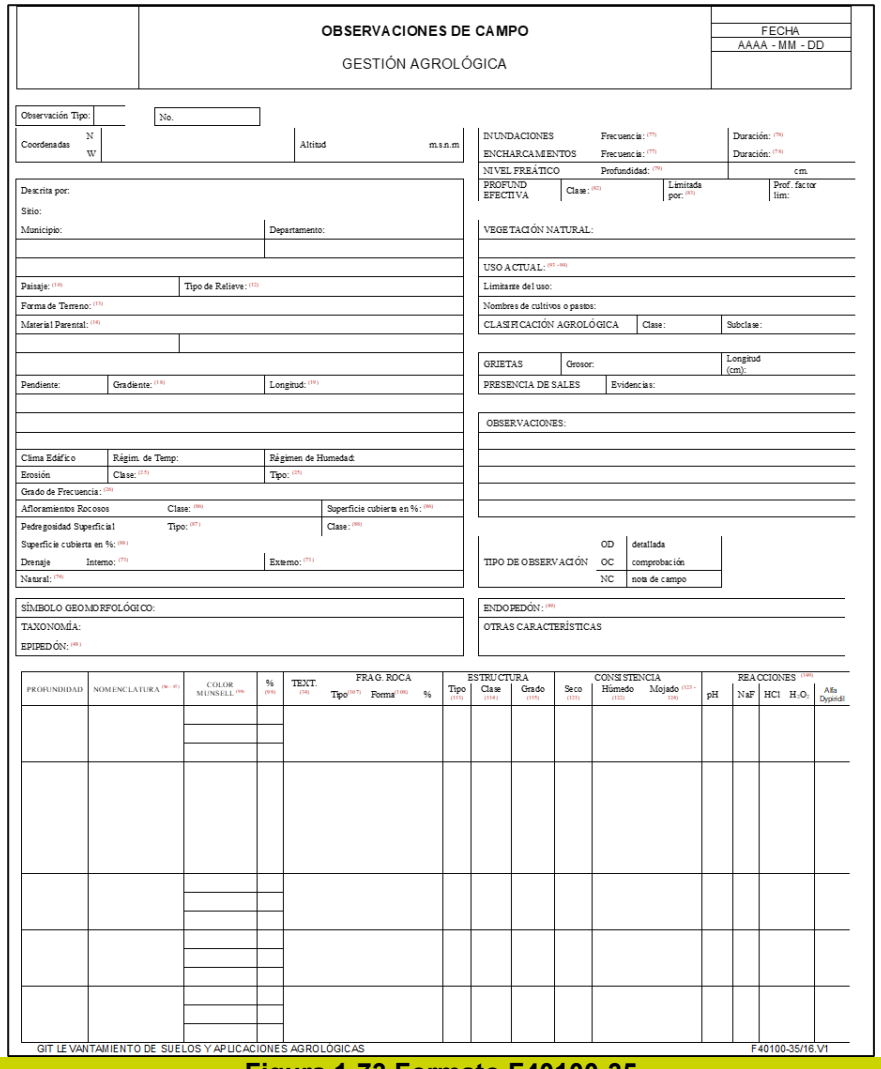
- **Etapa Post-campo**

La etapa post-campo comprendió los procesos de Control de calidad de la información de campo, revisión y recepción del material de campo, procesamiento de la información de campo, trabajo con los profesionales SIG, elaboración de GDB y la elaboración de la memoria técnica.

A continuación, se presenta un consolidado de las actividades mencionadas:

- ✓ Control de calidad de la información de campo: El control y la calidad de la etapa post-campo se realizó paralelo a todos los procesos donde se evalúan e identifican los errores o inconsistencias, asegurando la veracidad y calidad de la información, el control se realizó a los perfiles levantados durante la etapa de campo y debida actualización de los perfiles, con los resultados de laboratorio, donde se ajustará la leyenda de suelos, para obtener la versión definitiva.

- ✓ Se revisó el material de campo que comprende la verificación de los Formatos F40100-35 de observaciones de campo y su correcto diligenciamiento y el Formato F0100-37 (**Anexo 3.3 Guías metodológicas/Anexos 1.5.3.1.5 Suelos/ Anexo 3_ Formatos de campo observaciones**), y la información de campo tomada en las Calicatas **(Anexo 3.3 Guías metodológicas/Anexos 1.5.3.1.5 Suelos/ Anexo 4_Calicatas**).



OBSERVACIONES DE CAMPO

GESTIÓN AGROLÓGICA

FECHA
AAAA - MM - DD

Observación Tipo: | No.

Coordenadas N W | Altitud m.s.n.m

Descrita por:
Sitio:
Municipio: | Departamento:
Paisaje: | Tipo de Relieve:
Forma de Terreno:
Material Parental:
Pendiente: | Gradiente: | Longitud:
Clima Edáfico | Régim. de Temp: | Régimen de Humedad:
Erosión | Clase: | Tipo:
Grado de Frecuencia:
Afloramientos Rocosos | Clase: | Superficie cubierta en %:
Pedregosidad Superficial | Tipo: | Clase:
Superficie cubierta en %:
Drenaje | Interno: | Externo:
Natural:

INUNDACIONES | Frecuencia: | Duración:
ENCHARCAMIENTOS | Frecuencia: | Duración:
NIVEL FREÁTICO | Profundidad: cm.
PROFUND EFECTIVA | Clase: | Limitada por: | Prof. factor lim:

VEGETACIÓN NATURAL:
USO ACTUAL:
Limitante del uso:
Nombres de cultivos o pastos:
CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA | Clase: | Subclase:

GRIETAS | Grosor: | Longitud (cm):
PRESENCIA DE SALES | Evidencias:

OBSERVACIONES:

TIPO DE OBSERVACIÓN: OD detallada; OC comprobación; NC nota de campo

SÍMBOLO GEOMORFOLÓGICO:
TAXONOMÍA:
EPIPEDÓN:

ENDOPEDÓN:
OTRAS CARACTERÍSTICAS

PROFUNDIDAD	NOMENCLATURA	COLOR MUNSELL	%	TEXT.	FRAG. ROCA Tipo	FRAG. ROCA Forma	FRAG. ROCA %	ESTRUCTURA Tipo	ESTRUCTURA Clase	ESTRUCTURA Grado	CONSISTENCIA Seco	CONSISTENCIA Húmedo	CONSISTENCIA Mojado	pH	REACCIONES NaF	REACCIONES HCl	REACCIONES H_2O_2	REACCIONES Alfa Dipiridil

GIT LEVANTAMIENTO DE SUELOS Y APLICACIONES AGROLÓGICAS F40100-35/16.V1

Figura 1-73 Formato F40100-35
Fuente: SGI SAS, 2024

- ✓ Se realizó el análisis estadístico de los suelos encontrados, sustentados con los resultados de la etapa de campo, que definió el suelo dominante, con el respaldo de las Calicatas, definiendo el tipo de unidad cartográfica, donde se identificaron consociaciones y asociaciones a nivel de familia textural y grupo no diferenciados (UCS VVPI (barras e islotes del paisaje de valle), conformados por depósitos de cauce (32%) y suelos de la cubeta de desborde de la UCS VVPCD (68%)), como lo muestra la **Tabla 1-39**, y las unidades geomorfológicas que entran en la categoría de no suelo, como las vegas de los vallecitos, islotes y barras del paisaje de planicie y los complejos de oríllales, que son depósitos de cauce; adicionalmente, los meandros abandonados, que se encontraron con lámina de agua, como se muestra en la **Fotografía 1-17**, **Fotografía 1-18**, **Fotografía 1-21** y **Fotografía 1-20** y entran en la categoría de cuerpos de agua (CA).

- ✓ Para el caso de la UCS VVPI, el 68% del área corresponde principalmente a los islotes y el 32% corresponden a barras, donde se evidencio depósitos de cauce, aunque no se descarta depósitos de cauce en los islotes, donde se reitera que se tuvo dificultades de acceso, para verificar lo anterior, debido a los altos caudales del rio Acacias.

Tabla 1-39 Análisis estadísticos y tipo de unidad cartográfica

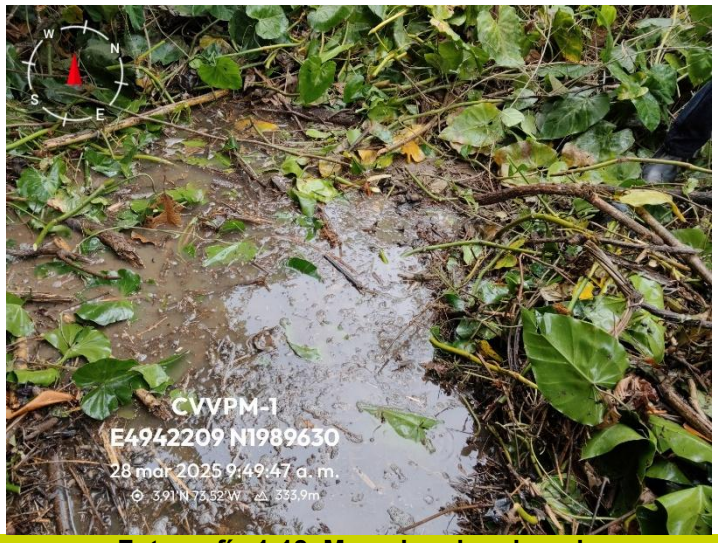
UCS	CALICATA	OBSERVACIÒN	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÒN	TIPO UCS
			Este	Norte		
PVABA	CALICATA 4 (87,5%)	BPVABA-1	4935388	1987556	Barreno	Consociaciòn
		BPVABA-2	4932670	1992064	Barreno	
		BPVABA-3	4925640	1998073	Barreno	
		BPVABA-4	4933614	1998236	Barreno	
		CPVABA-1	4927973	1999086	Cajuela	
		CPVABA-2	4931998	1991709	Cajuela	
	CALICATA 13 (12,5%)	BPVABA-6	4941241	1987584	Barreno	
PVAC	CALICATA 7 (34%)	BPVAC-1	4938999	1986624	Barreno	Asociación
		CPVAC-7	4942624	1994267	Cajuela	
		BPVAC-2	4926178	1998017	Barreno	
		BPVAC-3	4927478	1998148	Barreno	
	CALICATA 3 (66%)	CPVAC-2	4934913	1987597	Cajuela	
		BPVAC-5	4936017	1996253	Barreno	
		CPVAC-3	4934174	1987248	Cajuela	
		BPVAC-6	4941524	1993576	Barreno	
		BPVAC-7	4934258	1995923	Barreno	
		CPVAC-4	4933454	1997130	Cajuela	
		BPVAC-8	4935817	1997512	Barreno	
		CPVAC-5	4933586	1997919	Cajuela	
PVAT	CALICATA 5 (100%)	BPVAT-1	4931754	1990104	Barreno	Consociaciòn
		BPVAT-2	4929236	1993936	Barreno	
		CPVAT-1	4932751	1994030	Cajuela	

UCS	CALICATA	OBSERVACIÒN	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÒN	TIPO UCS
			Este	Norte		
		BPVAT-3	4931575	1994218	Barreno	
		CPVAT-2	4930194	2000015	Cajuela	
		CPVAT-3	4934646	1987096	Cajuela	
RVT1P	CALICATA 8 (100%)	CRVT1P-1	4945450	1998299	Cajuela	Consociaciòn
		BRVT1P-1	4943801	1998603	Barreno	
		CRVT1P-2	4935179	1999753	Cajuela	
		CRVT1P-3	4936014	1999762	Cajuela	
RVPN	CALICATA 11 (100%)	BRVPN-1	4944028	1995599	Barreno	Consociaciòn
		BRVPN-2	4943899	1999595	Barreno	
		BRVPN-3	4935140	1999893	Barreno	
		BRVPN-4	4943867	1999861	Barreno	
VVT3P	CALICATA 6 (100%)	CVVT3P-1	4925684	1997370	Cajuela	Consociaciòn
		CVVT3P-2	4924720	1997507	Cajuela	
VVT3T	CALICATA 12 (100%)	CVVT3T-1	4926456	1995958	Cajuela	Consociaciòn
		CVVT3T-2	4927929	1996042	Cajuela	
VVT3B	CALICATA 10 (100%)	BVVT3B-1	4925810	1997274	Barreno	Consociaciòn
VVT2P	CALICATA 1 (100%)	CVVT2P-1	4937968	1992750	Cajuela	Consociaciòn
		CVVT2P-2	4938032	1992764	Cajuela	
		CVVT2P-3	4926428	1995840	Cajuela	
VVT1P	CALICATA 9 (100%)	BVVTIP-1	4938538	1993192	Barreno	Consociaciòn
		CVVT1P-1	4930131	1994435	Cajuela	
		CVVT1P-2	4932637	1994879	Cajuela	
		BVVTIP-2	4933231	1994889	Barreno	
VVT1B	CALICATA 10 (100%)	CVVTIB-1	4941366	1989980	Cajuela	Consociaciòn
VVPCD	CALICATA 2 (100%)	BVVPCD-1	4941846	1987987	Barreno	Consociaciòn
		BVVPCD-2	4929429	1992052	Barreno	
		CVVPCD-1	4938502	1993754	Cajuela	
		BVVPCD-4	4930245	1995181	Barreno	
VVPI	CALICATA 2 (68%)-depósitos de cauce (32%)	Sin observaciones por dificultades de ingreso-ver Limitaciones				Grupo no diferenciado

Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-17 Islote en el plano de inundación del Rio Chichimene
Coordenadas planas magna sirgas Origen nacional
Este: 493621 Norte: 1999909
Fuente: SGI SAS, 2025



Fotografía 1-18 Meandro abandonado
Coordenadas planas magna sirgas Origen nacional
Este:4942209 Norte: 1989630
Fuente: SGI SAS, 2025

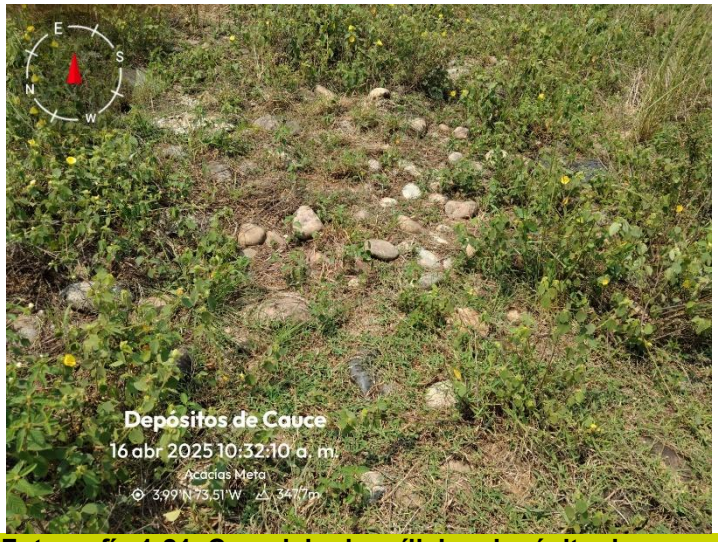
- ✓ Es importante tener en cuenta que se presentó, en meandros abandonados, vegetación hidrófila, principalmente gramíneas, adaptadas a condiciones de inundabilidad muy frecuente, como se evidencia en la **Fotografía 1-19**.



Fotografía 1-19 Herbazal inundable dentro de un meandro abandonado (Cuerpo de agua)
Coordenadas planas magna sirgas origen nacional
Este: 4942238,45 Norte: 1989417,99
Fuente: SGI SAS, 2025

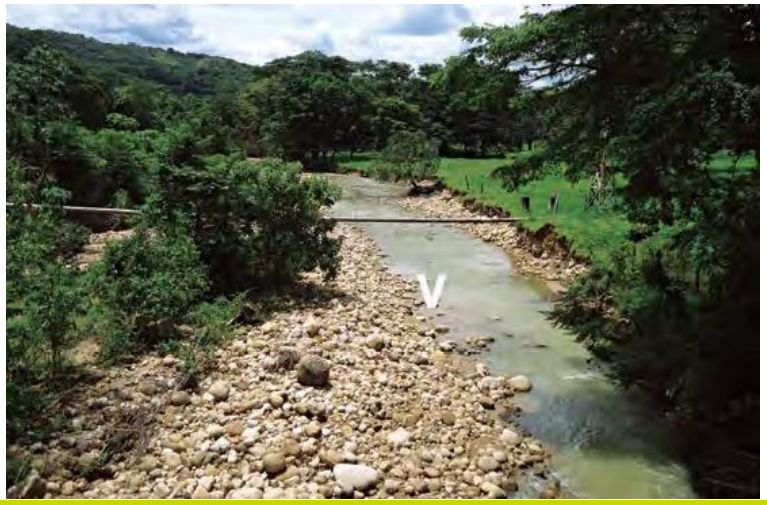


Fotografía 1-20 Vega de Vallecito
Coordenadas planas magna sirgas Origen nacional
Este:4932171,82 Norte : 1984899,36
Fuente: SGI SAS, 2025



Fotografía 1-21 Complejo de oríllales-depósito de cauce
Coordenadas planas magna sirgas Origen nacional
Este :4943694.38 Norte: 1999373.38
Fuente: SGI SAS, 2025

- ✓ La justificación sobre la categoría de no suelo a las vegas de los vallecitos, se sustenta en la definición de la geomorfología del IGAC (2019), donde menciona que "*Los vallecitos son en esencia corrientes menores de agua, que funcionan como tributarios de cauces colectores. En ocasiones y dependiendo del clima de la zona, pueden comportarse como corrientes intermitentes. Está constituida por depósitos heterométricos aluviales y coluviales dispuestos en ambos lados del cauce. Se caracteriza por tener configuración alargada y estrecha, contorno irregular y pendiente ligeramente plana a moderadamente inclinada. La unidad recibe y cede aluviones de su cauce y es inundada periódicamente*", donde esta entidad, a manera didáctica, lo ilustra esta entidad con la **Fotografía 1-22**, donde se evidencia los depósitos de cauce.



Fotografía 1-22 Vega de vallecito de piedemonte
Fuente: IGAC, 2019

- ✓ Las instalaciones recreativas identificadas en la capa de coberturas dentro del área de influencia, de acuerdo con las observaciones realizadas en campo, corresponden a intervenciones de baja magnitud que no generan modificaciones importantes sobre la geomorfología ni sobre las

propiedades del suelo. Estas infraestructuras se desarrollan principalmente sobre superficies previamente acondicionadas o con alteraciones superficiales limitadas, sin implicar movimientos de tierra significativos ni cambios en la dinámica morfogenética local, de acuerdo con ello entran en la categoría de suelo, y, en consecuencia, tendrán el símbolo de la unidad cartográfica en la cual se encuentran emplazadas.

- ✓ Actividades conjuntas con el profesional SIG: que incluirá entrega de base de datos, verificación de los perfiles modales, que deben quedar en cada unidad cartográfica, ajuste final de las capas de suelos y la elaboración de la cartografía temática por uso del suelo y capacidad de uso del suelos y verificación final del mapa de suelos.

- ✓ Elaboración de memoria técnica: donde se incluirá la elaboración de los diferentes capítulos, Evaluación de la fertilidad de los perfiles levantados en campo, Leyenda de suelos, Descripción de unidades cartográficas de suelos, Clasificación de tierras por su capacidad de uso, Leyenda de capacidad de uso, Descripción de las unidades de capacidad de uso y determinar la vocación de uso para la zonificación de las tierras.

- **Ajuste nomenclatura observaciones de campo**

Teniendo en cuenta los ajustes a la geomorfología, que fueron importante con relación a la geomorfología preliminar de campo, se realizó un cambio en la nomenclatura de las observaciones de campo, con el fin de que se conservara el criterio de la simbología de la UCS, donde la primera letra, como es el caso de la “B”, corresponde a observación tipo barreno y la “C” a observación tipo cajuela y las siguientes letra a nomenclatura de la UCS, seguido de un número que se utiliza, como consecutivo de las observaciones en cada UCS.

Lo anterior, es relevante en el sentido de que la marca de agua de las fotos tiene la nomenclatura de campo, donde se utilizó la simbología de la geomorfología preliminar, pero en los documentos se usó la nueva nomenclatura, como se muestra en la Tabla 1-40 y el “**Anexo 3.3 Guías metodológicas/Anexos 1.5.3.1.5 Suelos/_Anexo 2_Evidencia fotográfica observaciones de campo”.**

Tabla 1-40 Cambio de nomenclatura observaciones de campo por ajuste de geomorfología

UCS	NUEVA NOMENCLATURA	NOMENCLATURA DE CAMPO	GEOMORFOLOGIA FINAL	GEOMORFOLOGIA PRELIMINAR DE CAMPO
PVABA	BPVABA-1	BPVABA-12a	Bajo de abanico	Bajo de abanico
	BPVABA-2	BVVT2B-1	Bajo de abanico	Bajo de terraza 2
	BPVABA-3	BPVABA-1	Bajo de abanico	Bajo de abanico
	BPVABA-4	BVVT2B-1a	Bajo de abanico	Bajo de terraza 2
	CPVABA-1	CPVABA-1	Bajo de abanico	Bajo de abanico
	CPVABA-2	CPVABA-4a	Bajo de abanico	Bajo de abanico
	BPVABA-6	BVVT1B-2a	Bajo de abanico	Bajo de terraza 1
PVAC	BPVAC-1	BVVaT1P-1	Cuerpo de abanico	Plano de terraza 1
	CPVAC-7	CVVT2B-2	Cuerpo de abanico	Plano de terraza 2
	BPVAC-2	BPAVB-1	Cuerpo de abanico	Base de abanico
	BPVAC-3	BPVAB-2	Cuerpo de abanico	Base de abanico
	CPVAC-2	CVVT2P-1	Cuerpo de abanico	Plano de terraza 2
	BPVAC-5	BVVT2P-1	Cuerpo de abanico	Plano de terraza 2
	CPVAC-3	CVVT3P-2	Cuerpo de abanico	Plano de terraza 3

UCS	NUEVA NOMENCLATURA	NOMENCLATURA DE CAMPO	GEOMORFOLOGIA FINAL	GEOMORFOLOGIA PRELIMINAR DE CAMPO
	BPVAC-6	BPVAB-8a	Cuerpo de abanico	Base de abanico
	BPVAC-7	BVVT1P-3	Cuerpo de abanico	Plano de terraza 1
	CPVAC-4	CVVT3P-1	Cuerpo de abanico	Plano de terraza 3
	BPVAC-8	BVVT2P-2	Cuerpo de abanico	Plano de terraza 2
	CPVAC-5	CVVT2B-1	Cuerpo de abanico	Plano de terraza 2
PVAT	BPVAT-1	BVVT3T-1	Talud de abanico	Talud de terraza 3
	BPVAT-2	BPVAT-1	Talud de abanico	Talud de abanico
	CPVAT-1	CVVT2T-1	Talud de abanico	Talud de terraza 2
	BPVAT-3	BVVT2T-1	Talud de abanico	Talud de terraza 2
	CPVAT-2	CPAVT-1	Talud de abanico	Talud de abanico
	CPVAT-3	CVVT3T-1	Talud de abanico	Talud de terraza 3
RVT1P	CRVT1P-1	CVVT1P-3	Plano de terraza 1 de planicie	Plano de terraza 1 del paisaje de valle
	BRVT1P-1	BRVT1P-1a	Plano de terraza 1 de planicie	Plano de terraza 1 del paisaje de valle
	CRVT1P-2	CVVPCD-2	Plano de terraza 1 de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de valle
	CRVT1P-3	CVVPCD-3	Plano de terraza 1 de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de valle
RVPN	BRVPN-1	BRVPCD-2a	Cubeta de desborde del paisaje de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de planicie
	BRVPN-2	BRVPCD-3a	Cubeta de desborde del paisaje de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de planicie
	BRVPN-3	BRVPCD-1a	Cubeta de desborde del paisaje de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de planicie
	BRVPN-4	BRVPCD 4a	Cubeta de desborde del paisaje de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de planicie
VVT3P	CVVT3P-1	CVVT3P-5a	Plano de terraza 3 del paisaje de valle	Plano de terraza 3 del paisaje de valle
	CVVT3P-2	CVVT3P-6a	Plano de terraza 3 del paisaje de valle	Plano de terraza 3 del paisaje de valle
VVT3T	CVVT3T-1	CVVT3T-4a	Talud de terraza 3 del paisaje de valle	Talud de terraza 3 del paisaje de valle
	CVVT3T-2	CVVT1T-2	Talu de terraza 3 del paisaje de valle	Talud de terraza 3 del paisaje de valle
VVT3B	BVVT3B-1	BVVT1B-1	Bajo de terraza 3 del paisaje de valle	Bajo de terraza 1 del paisaje de valle
VVT2P	CVVT2P-1	CVVT2P-9a	Plano de terraza 2 del paisaje de valle	Plano de terraza 2 del paisaje de valle
	CVVT2P-2	CVVT2P-8a	Plano de terraza 2 del paisaje de valle	Plano de terraza 2 del paisaje de valle
	CVVT2P-3	CVVT2B-2a	Plano de terraza 2 del paisaje de valle	Bajo de terraza 2 del paisaje de valle
VVT1P	BVVTIP-1	BVVT1P-10a	Plano de terraza 1 del paisaje de valle	Plano de terraza 1 del paisaje de valle
	CVVT1P-1	CVVT1P-1	Plano de terraza 1 del paisaje de valle	Plano de terraza 1 del paisaje de valle
	CVVT1P-2	CVVPCD-1	Plano de terraza 1 del paisaje de valle	Cubeta de desborde del paisaje de planicie
	BVVTIP-2	BVVCPD-7a	Plano de terraza 1 del paisaje de valle	Cubeta de desborde del paisaje de planicie

UCS	NUEVA NOMENCLATURA	NOMENCLATURA DE CAMPO	GEOMORFOLOGIA FINAL	GEOMORFOLOGIA PRELIMINAR DE CAMPO
VVT1B	CVVTIB-1	CVVT1P-2	Bajo de terraza 1 del paisaje de valle	Plano de terraza 1 del paisaje de valle
VVPCD	BVVPCD-1	BVVPCD-1	Cubeta de desborde del paisaje de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de planicie
	BVVPCD-2	BVVPCD-2	Cubeta de desborde del paisaje de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de planicie
	CVVPCD-1	BVVPCD-8a	Cubeta de desborde del paisaje de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de planicie
	BVVPCD-4	BVVPCD-5	Cubeta de desborde del paisaje de planicie	Cubeta de desborde del paisaje de planicie

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- **Caracterización fisicoquímica de los suelos**

Para la caracterización fisicoquímica de suelos, se midieron los parámetros establecidos por el IGAC (**Tabla 1-41**) que están relacionados en la metodología M40100-01-14 V2 Levantamiento de Suelos (2014), para estudios semidetallados.

De otro lado, para la interpretación de los resultados se utilizaron los niveles de referencia establecidos por instituciones nacionales e internacionales, como el ICA, IGAC, CENIPALMA e INTA (Argentina), entre otras, que están descritas de la **Tabla 1-42** a la **Tabla 1-49**.

Tabla 1-41 Parámetros fisicoquímicos determinados en el estudio

PARAMETRO
Conductividad hidráulica
Color
Densidad aparente
Densidad real
Permeabilidad
Textura por Bouyucos
Plasticidad (indice de plasticidad, limite liquido y limite plastico)
Humedad
Retención de humedad
Infiltración
Estabilidad estructural
Aluminio intercambiable
Arsénico Total
Bario Total
Bicarbonatos
BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno)
Boro
Cadmio Total

PARAMETRO
Calcio intercambiable
Conductividad eléctrica
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)
Carbonatos
Carbono orgánico Total
Cloruros
Cromo
Fósforo Total
Grasas y aceites
Hidrocarburos totales
Hierro Total
Magnesio intercambiable
Manganeso Total
Materia orgánica
Mercurio Total
Molibdeno Total
Nitrógeno total
pH
Plomo
Potasio disponible
Saturación de aluminio
Sodio intercambiable
Sulfatos
Zinc Total
RAS
Fenoles
Plata
Selenio
Azufre
Potencial de oxido reducción
Carbonato de calcio equivalente
Cloruros solubles
Acidez intercambiable
Fosforo aprovechable

Fuente: SGI SAS, 2024

Tabla 1-42 Interpretación de parámetros químicos del suelo

PARAMETRO	UNIDAD	ALTO	MEDIO	BAJO	REFERENCIA
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	meq/100g	Mayor a 20	10 a 20	Menor a 10	ICA 1992
Calcio Intercambiable	meq/100g	Mayor a 6	3 a 6	Menor a 3	ICA 1992

PARAMETRO	UNIDAD	ALTO	MEDIO	BAJO	REFERENCIA
Magnesio Intercambiable	meq/100g	Mayor a 2.5	1.5 a 2.5	Menor a 1.5	ICA 1992
Potasio Intercambiable	meq/100g	Mayor a 0.4	0.2 a 0.4	Menor a 0.2	ICA 1992
Sodio Intercambiable	meq/100g			Menor a 1	ICA 1992
Fósforo Disponible	mg/kg -P	Mayor a 40	15 a 40	Menor a 15	IGAC 2018
Saturación de acidez	%	Mayor de 60%	25 a 60%	Menor al 25%	Molina 2007
Saturación de bases	%	Mayor a 50%	35% a 50%	Menor a 35%	IGAC 2018
Nitrógeno Total suelo	%	Mayor a 0.2%	0.1% a 0.2%	Menor a 0.1%	IGAC 2018
Carbono orgánico	%	Mayor a 2,32	2,32 a 1,16	Menor a 1,16	IGAC 2018
Hierro Disponible	mg/Kg	Mayor a 50	25 a 50	Menor a 25	ICA 1992
Manganeso Disponible	mg/Kg	Mayor a 10	5 a 10	Menor a 5	ICA 1992
Zinc Disponible	mg/Kg	Mayor de 3	1.5 a 3	Menor a 1.5	ICA 1992
Cobre Disponible	mg/Kg	Mayor a 3	1 a 3	Menor a 1	ICA 1992
Boro Disponible	mg/Kg	Mayor a 0.4	0.2 a 0.4	Menor a 0.2	ICA 1992
PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable)	%	Mayor de 15% -Sodico		Menor del 15%- No sodico	IGAC 2018
Conductividad Eléctrica (25°C)	µS/cm	Mayor de 4000-Salino	2000-4000-Moderadamente salino	Menor a 2000-no salino	IGAC 2018
Carbonato de calcio equivalente	%	Mayor de 25%-Ultracalcico	10 y 25% -Hipercalcico	Entre 2 y 10%-Hipocalcico	*IDEAM, CAR y UDCA, 2017*
Saturaciòn de Al	%	Mayor a 50	Entre 25 y 50	Menor a 25	Cenipalma 2010
Materia organica -Clima calido	(%)	Mayor de 4	Entre 2 y 4	Menor a 2	IGAC 2018

Fuente: SGI SAS, 2025

Tabla 1-43 Interpretación pH

pH	INTERPRETACIÓN	REFERENCIA
Menor a 4.5	Extremadamente ácido	IGAC 2014
4.5 a 5	Muy fuertemente ácido	
5.1 a 5.5	Fuertemente ácido	
5.6 a 6.0	Mediamente ácido	
6.1 a 6.5	Ligeramente ácido	
6.6 a 7.3	Neutro	
7.4 a 7.8	Ligeramente alcalino	
7.9 a 8.4	Mediamente alcalino	
8.5 a 9	Fuertemente alcalino	
Mayor a 9	Extremadamente alcalino	

Fuente: IGAC, 2014

Tabla 1-44 Interpretación velocidad de infiltración básica

INFILTRACIÓN BÁSICA (mm/hr)	INTERPRETACIÓN	REFERENCIA
Menor a 1	Muy lenta	Montenegro y Malagón 1990
1 a 5	Lenta	
5 a 20	Moderadamente lenta	
20 a 63	Moderada	
63 a 127	Moderadamente rápida	
127 a 254	Rápida	
Mayor de 254	Muy rápida	

Fuente: SGI SAS, 2021

Tabla 1-45 Interpretación Conductividad hidráulica

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (mm/hr)	INTERPRETACIÓN	REFERENCIA
Menor a 1	Muy lenta	Montenegro y Malagón 1990
1 a 5	Lenta	
5 a 16	Moderadamente lenta	
16 A 50	Moderada	
50 a 120	Moderadamente rápida	
120 a 180	Rápida	
Mayor de 180	Muy rápida	

Fuente: SGI SAS 2025

Tabla 1-46 Interpretación porosidad total

POROSIDAD TOTAL (%)	INTERPRETACIÓN	REFERENCIA
Mayor de 70%	Excesiva	Kurichev 1984, citado por Jaramillo 2002
55-70%	Excelente	
50-55%	Satisfactoria	
40-50%	Baja	
Menor a 40%	Muy baja	

Fuente: SGI SAS 2025

Tabla 1-47 Interpretación Índice de plasticidad

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	CLASIFICACIÓN
Menor de 10	Poco plástico
10-20	Moderadamente plásticos
Mayor de 20	Muy plástico

Fuente: Montenegro y Malagón, 1990

Tabla 1-48 Densidad aparente ideal, de acuerdo a la textura del suelo

TEXTURA DEL SUELO	DENSIDAD APARENTE IDEAL (g/cm^3)	DENSIDAS APARENTE LIMITANTE PARA EL CRECIMIENTO DE LAS RAICES (g/cm^3)
Franco arenoso	1,30-1,40	1,45-1,55
Limosa, franco limosa	1,10-1,20	1,25-1,40
Franca, franco limosa, franco arcillo limosa	1,00-1,30	1,35-1,40
Arcillosa limosa, franco areno-arcillosa	1,00-1,10	1,25-1,50
Arcillosa	0,9-1,10	1,25-1,40

Fuente: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-Compactacin_de_suelos__una_propuesta_para_el_diagnsti.pdf

Tabla 1-49 Interpretación de diámetro promedio ponderado (DPM) para estabilidad estructural

DPM (mm)	INTERPRETACION	REFERENCIA
Menor a 0.5	Inestable	CORPOICA 2014
0.5-1.5	Ligeramente estable	
1.5-3.0	Moderadamente estable	
3.0-5.0	Estable	
Mayor a 5	Muy estable	

Fuente: SGI SAS 2025

Tabla 1-50 Valores normales de agua aprovechable en base volumétrica, de acuerdo a la textura del suelo

TEXTURA	HUMEDAD APROVECHABLE (%v/v)	REFERENCIA
Arenosa	8,5	Adaptado de Cadahia López 2000
Franco arenosa	12	
Franca	17	
Franco arcilloso	19	
Arcillo limoso	21	
Arcilloso	23	

Fuente: SGI SAS, 2025

Para determinar la fertilidad de los suelos, el IGAC en la metodología “PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO” código M40100-02, establece rangos de fertilidad, donde clasifica el suelo por grados que van desde muy baja, baja, media, alta y muy alta, para ello ha desarrollado una técnica donde evalúa algunos parámetros como el pH, la saturación

de aluminio, la saturación de bases intercambiables y la capacidad de intercambio catiónico entre otros, como lo muestran la **Tabla 1-51** y
Tabla 1-52.

Tabla 1-51 Clases por rango de fertilidad

CLASE	RANGO	REFERENCIA
Muy baja	Menor a 3,6	IGAC 2014
Baja	3,7 a 5,1	
Media	5,2 a 6,1	
Alta	6,2 a 8,3	
Muy alta	Mayor de 8,4	

Fuente: SGI SAS, 2025

Tabla 1-52 Matriz para evaluar fertilidad del suelo

pH		Rango	< 4.5; > 8.5	4.6-5.0; 7.9-8.4	5.1-5.5; 7.4-7.8	5.6 – 6.0	6.1- 7.3
Agua 1:1		Puntaje	1	2	3	4	5
Saturación de Aluminio %		Rango	> 60	60 – 30	29 – 15	14 – 5	< 5
		Puntaje	1	2	3	4	5
Capacidad de Cambio		Rango	< 5	5-10	11 – 15	16 – 20	> 20
me/100 g		Puntaje	1	2	3	4	5
AcNH. En pH7							
Bases	**Porcentaje**	Rango	< 10	oct-35	36-50	51-70	> 70
	Saturación	Puntaje	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
	Totales	Rango	< 4	4-ago	8.1-12	12.1-16	>16
	me/100g	Puntaje	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
% Carbón	**Clima Frío**	Rango	< 1.3	1.4-2.6; >10	2.7-4.0;8.1-10	4.1-5.2;8.0-6.6	5.3-6.5
Orgánico		Puntaje	1	2	3	4	5
	Clima Medio	Rango	< 0.5	0.6-1.7; >7.6	1.8-2.9;6.5-7.6	3.0-4.1;5.4-6.5	4.2-5.3
		Puntaje	1	2	3	4	5
	Clima Cálido	Rango	< 0.2	0.2-0.5	0.51-1.7	1.71-2.9	> 3.0
		Puntaje	1	2	3	4	5
Fósforo ppm		Rango	< 10	oct-20	21-30	31-40	> 40
Brayy gb II		Puntaje	1	2	3	4	5
Potasio		Rango	< 0.1	0.1-0.2	0.21-0.3	0.31-0.4	> 0.4
me/100g		Puntaje	1	2	3	4	5

Fuente: IGAC, 2014

- **Usos del suelo**

La clasificación agrológica de los suelos se basará en información obtenida en el estudio de suelos, descritos en los ítems anteriores de este documento, siguiendo la “Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso” del IGAC (Metodología “PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO”, IGAC 2014 código M40100-02), con el fin de identificar las principales limitantes del suelo que los hacen más vulnerables a una posible degradación.

La metodología elaborada por el IGAC indica que, la clasificación se aplica para fines agropecuarios y forestales, así como para identificar zonas que requieren la mayor protección y conservación. En la clasificación se conjugan todos los aspectos que determinan el uso más adecuado para cada unidad de tierras y las prácticas recomendadas, y se divide en clases, sub-clase y grupo de manejo.

En términos generales, las clases I y II agrupan tierras arables, con capacidad para cualquier tipo de cultivo, adaptable a las condiciones climáticas y con requerimiento de pocas prácticas de conservación de los suelos.

Las clases III y IV agrupan tierras arables con capacidad para algunos cultivos, adaptables a las condiciones ambientales, con necesidad de moderadas prácticas de conservación de suelos.

La clase V agrupa suelos con limitaciones generalmente por inundaciones prolongadas, tan severas, que solo son potencialmente utilizables en condiciones naturales por determinados períodos del año; su habilitación requiere prácticas costosas de adecuación.

Las clases VI y VII tienen limitaciones severas y muy severas por lo que son aptas para plantas nativas o para algunos cultivos específicos, pastos y plantas forrajeras con prácticas intensivas de conservación y costos de operación muy elevados.

La clase VIII corresponde a suelos con limitaciones extremadamente severas, por lo que se deben dedicar a la protección de la vida silvestre, a la investigación, a la recreación y a la conservación de los recursos naturales, especialmente de las fuentes de agua.

Las subclases son categorías subordinadas a las clases agrológicas, las cuales tienen el mismo tipo de limitantes y grado de afectación; se identifican mediante la adición de una letra minúscula que sigue al respectivo digito de la clase; en la medida que aumenta el orden de la clase, pueden adicionarse hasta tres letras que indican en donde radica la limitación. Se han definido las siguientes subclases (IGAC, 2014):

- ✓ **p= pendiente**
- ✓ **e = erosión.**
- ✓ **h = exceso de humedad por lámina de agua o encharcamientos e inundaciones.**
- ✓ **s = limitaciones del suelo n la zona radical.**
- ✓ **c = limitaciones por clima adverso.**

La mayoría de las limitantes son de carácter permanente como las pendientes inclinadas y escarpadas, la poca profundidad efectiva de los suelos o el clima desfavorable. Sin embargo, algunas limitaciones pueden ser temporales y corregibles, por ejemplo: algunos encharcamientos o la fertilidad, que pueden eliminarse por medio de drenajes o fertilización.

Con base en la información de los perfiles modales del estudio de suelos, se procederá a clasificar los suelos por su capacidad de uso partiendo de la categoría más alta (clase) hasta llegar a la más baja o más detallada (sub clases y grupo de manejo), teniendo en cuenta los parámetros relacionados en la **Tabla 1-53** y los rangos establecidos por el IGAC (2014) en la metodología “PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO” código M40100-02.

Además de lo anterior, se elaborará la memoria técnica del mapa de suelos con el análisis y la evaluación de los resultados, en términos de las clases agrológicas de los suelos y la leyenda a la escala del estudio.

Tabla 1-53 Parámetros para evaluar para determinar la capacidad de uso de un suelo

CARACTERISTICA	PARAMETROS
Pendiente	%
Erosión	Grado
Movimientos en masa	% de área afectada
Drenaje natural	Estado
Inundaciones	Frecuencia y duración
Encharcamientos	Frecuencia y duración
Profundidad efectiva	cm
Textura	Familia
	Grupo textural
Fragmentos en el suelo	% por volumen
Pedregosidad superficial	% de área afectada
Afloramiento rocoso	% de área afectada
Fertilidad	Calificación
Contenido de sales	CE , % de sales
Contenido de sodio	RAS y profundidad
Sales y Sodio	% de Na intercambiable (PSI)
	% de área afectada
	Profundidad
Ca / Mg	Relación y profundidad
Saturación de aluminio	%
Distribución de lluvias	Distribución
Piso térmico	Clase
Condición de humedad	Ambiente
Temperatura / heladas	°C y frecuencia de heladas

Fuente: IGAC 2014

De otro lado, para determinar los conflictos de uso de la tierra, se tendrá en cuenta el mapa coberturas que, que debe seguir la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010) para determinar el uso actual, además de presentar el mapa de uso permitido de la tierra de acuerdo a lo establecido en los instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT y/o POMCA, en caso de que existan), que para este caso se considerarán los POMCAs por ser el POMCA el instrumento de ordenamiento territorial de mayor jerarquía.

Los conflictos por uso de la tierra deben se determinarán con la metodología del IGAC (ZONIFICACIÓN DE LOS CONFLICTOS DE USO DE LAS TIERRAS DEL PAÍS. Capitulo IV. Estudio. 2002. IGAC/CORPOICA), que establece una estructura compuesta por tres (3) clases de conflictos, dos (2) de ellas subdivididas en tres (3) intensidades de acuerdo con la mayor o menor discrepancia en el uso que presenten las combinaciones de pares (Vocación Actual de Uso, Uso Actual) incluidas en la clase de Conflicto, donde se tiene:

- ✓ A= Tierras sin conflicto, se califica a las tierras donde el agroecosistema dominante guarda correspondencia con la vocación de uso principal o con un uso compatible. El uso actual no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y concordantes con la capacidad productiva natural de las tierras.

- ✓ S= Conflictos por Subutilización, Calificación dada a las tierras donde el Agroecosistema dominante corresponde a un nivel inferior de intensidad de uso, si se compara con la vocación de uso principal o la de los usos compatibles, los cuales se subdividen en:

- ✓ S1= Tierras cuyo uso actual es muy cercano al uso principal, por ende, a los usos compatibles, pero que se ha evaluado como de menor intensidad al recomendado.

- ✓ S2= Tierras cuyo uso actual está por debajo, en dos niveles de la clase de vocación de uso principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras

- ✓ S3= Tierras cuyo uso actual está muy por debajo, en tres o más niveles de la clase de vocación de uso principal recomendada.

- ✓ O=Conflictos por sobreutilización, calificación dada a las tierras donde el uso actual dominante es más intenso en comparación con la vocación de uso principal natural asignado a las tierras, de acuerdo con sus características agroecológicas, los cuales subdividen en:

- ✓ O1= Tierras cuyo uso actual está cercano al uso principal, pero que se ha evaluado con un nivel de intensidad mayor al recomendado y por ende al de los usos compatibles.

- ✓ O2= Tierras en las cuales el uso actual se encuentra por encima, en dos niveles, de la clase de vocación de uso principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras.

- ✓ O3= Tierras en las cuales el uso actual supera en tres o más niveles, la clase de vocación de uso principal recomendado, presentándose evidencias de degradación avanzada de los recursos, tales como procesos erosivos severos, disminución marcada de la productividad de las tierras, procesos de salinización, entre otros.

Adicionalmente, el IGAC (2002), ha elaborado una matriz de decisión (**Figura 1-74**) donde compara la vocación del uso de la tierra (Uso principal o permitido) y el uso actual, con el fin de identificar las clases básicas e intensidades de los conflictos de uso de las tierras, matriz que debe ser utilizada en este estudio.

Por último, se elaborará el mapa de conflictos de la tierra con la información documental y cartográfica adicional que sirva de soporte, a la escala del estudio de suelos.

VOCACIÓN			USO ACTUAL										
			AGRICOLA				AGROFORESTAL		GANADERA		FORESTAL		CONSERVA-CIÓN
			CTI, CTS	CSI		CSS	SAG	SAP-SPA	PSI	PEX	FPR	FPP	CFP, CRH
	Tipo principal de uso		Cu	Cña, Ba, Fr,Cf, Pa	Ac	Cs-Cñ	Af	Pa	Pm	Ap, Pn	Bp	Bi, Ma	
AGRICOLA	Cultivos transitorios intensivos	CTI	A	A	S2	S2	S2	S3	S1	S3	S3	S3	S3
	Cultivos transitorios semi-intensivos	CTS	A	A	S1	S1	S2	S3	S1	S3	S3	S3	S3
	Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos	CSI	A	A	S1	S1	S2	S3	S1	S3	S3	S3	S3
	Cultivos semipermanentes y permanentes semi intensivos	CSS	O1	O1	A	A	A	S2	O1	S2	S1	S3	S3
AGROFO-RESTAL	Silvoagrícola	SAG	O3	O1	O2	O1	A	S2	O2	S1	A	S2	S3
	Agrosilvopastoril	SAP	O3	O1	O2	O1	O1	A	O2	A	A	S2	S3
	Silvopastoril	SPA	O3	O2	O3	O2	O2	A	O2	A	A	S2	S3
PECUA-RIA	Pastoreo intensivo y semiintensivo	PSI	O1	O1	O1	O1	O1	S1	A	S2	A	S3	S3
	Pastoreo extensivo	PEX	O3	O3	O3	O2	O2	S1	O1	A	A	S2	S3
FORESTAL	Producción	FPR	O3	O2	O3	O3	S1	O1	O3	S2	A	S2	S3
	Protección -producción	FPP	O3	O3	O3	O3	O2	O2	O3	O1	A	A	A
	Protectora	CFP	O3	O3	O3	O3	O2	O3	O3	O2	A	O1	A
CONSER-VACION	Recursos hídricos	CRH	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	O3	A
	Recuperación	CRE	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	O3	A

Figura 1-74 Matriz de decisión para determinar conflictos por uso de la tierra
Fuente: IGAC, 2002

- Degradación de suelos

  - Desertificación

Se aplicará el protocolo de desertificación del IGAC, IDEAM y MAVDT del 2010.

  - Salinización

Para el análisis de procesos de salinización se consideró los siguientes parámetros (**Tabla 1-54**) que están contemplados en el protocolo de salinización (IDEAM, CAR y UDCA, 2017):

Tabla 1-54 Parámetros para determinar el nivel y el tipo de salinidad de un suelo

Variables	Rangos	Subclase
CE (dS/m)	CE≥2<4 dS/m	Isosalino
	CE≥4<8 dS/m	Hiposalino
	CE≥8<16 dS/m	Hipersalino
	CE≥16 dS/m	Ultrasalino
RAS o PSI	RAS≥13<25 o PSI≥7,5<15	Hiposódico
	RAS≥25<45 o PSI≥15<30	Hipersódico
	RAS≥45 o PSI≥30	Ultrasódico
PMgI≥30 y relación Ca/Mg	Ca/Mg≥10	Hipomagnésico
	Ca/Mg≥3<10	Hipermagnésico
	Ca/Mg<3	Ultramagnésico
$CaCO_3$eq (porcentaje de carbonato de calcio equivalente)	$CaCO_3$eq≥2%<10% (efervescencia visible al contacto con HCl)	Hipocalcáreo
	$CaCO_3$eq≥10%<25% (efervescencia fuertemente visible al contacto con HCl. La reacción forma poca espuma)	Hipercalcáreo
	$CaCO_3$eq ≥ 25% (Efervescencia extremadamente fuerte al contacto con HCl. Formación rápida de espuma espesa)	Ultracalcáreo
Yeso ($CaSO_4*2H_2O$) Porcentaje de yeso	$CaSO_4*2H_2O$≥5<15%	Hipogypsico
	$CaSO_4*2H_2O$≥15<60%	Hipergypsico
	$CaSO_4*2H_2O$≥60%	Ultragypsico
CE, pH y [SO_4]	CE≥4 y pH<4 y [SO_4]>0,05% (jarosita)	SSA actual
	pH≥4<6 o S>2% (pirita)	SSA potencial

Fuente: IDEAM, CAR y UDCA, 2017

- Erosión

Con relación al estudio de erosión, se tendrá en cuenta los registros de las observaciones de campo (F40100-35-16V1 Observaciones de campo y F40100-37-16V1 Formulario de descripción de suelos del IGAC-Anexo 1), donde se evalúa erosión, de acuerdo con los lineamientos del IGAC, que son los mismos que menciona el protocolo de erosión (IDEAM y UDCA, 2015), además se apoyara con imágenes satelitales y recorridos de campo, para identificar zonas erosionadas cartografiables, las no cartografiable serán relacionadas en el capítulo de geomorfología en el numeral " Procesos morfodinamicos".

Los tipos de erosión que menciona el protocolo son hídrica y eólica, donde se clasifica por clase y grado de severidad como lo muestra la **Tabla 1-55.**

Tabla 1-55 Tipo de erosión, clase y grado de severidad

TIPO DE EROSIÓN	CLASE	GRADO DE SEVERIDAD
Hidrica	Cárcavas	Sin erosión
	Surcos	Ligera
	Laminar	Moderada
	Terraceo (pata de vaca)	Severa
	Salpicadura	Muy severa
Eolica	Laminar	Sin erosión

TIPO DE EROSIÓN	CLASE	GRADO DE SEVERIDAD
	Ripples	
	Dunas	Ligera
	Movimiento de arena	Moderada
	Pavimento desértico	Severa
	Depresión de deflación	Muy severa

Fuente: IDEAM y UDCA, 2015

A continuación, se presentan los criterios para definir los grados de severidad y la clase de erosión (*IDEAM y UDCA, 2015):*

Erosión ligera: Alguna evidencia de daño a los horizontes superficiales del suelo. Cuando la capa de suelo se adelgaza uniformemente. La pérdida puede llegar hasta un 25 o 50% del horizonte A.

Erosión moderada: Evidencia clara de remoción de los horizontes superficiales del suelo. Cuando la capa de suelo ha perdido espesor. Se aprecian manifestaciones de surcos, terraceos y pequeñas cárcavas. Se presenta pérdida entre el 50 y 75% del espesor original del horizonte A e incluso en sectores aparece el horizonte B o C.

Erosión severa: Horizontes superficiales completamente removidos y horizontes subsuperficiales expuestos. Pérdida casi total del horizonte orgánico- mineral. Se presentan surcos, calvas o terraceos de forma frecuente o cárcavas con moderada frecuencia. La pérdida de suelo se estima en más de 75% de su espesor.

Erosión muy severa: Pérdida total de los horizontes superficiales. Remoción sustancial de los horizontes subsuperficiales (*badlands*, tierras malas). Se presenta una red de surcos y cárcavas intrínsecos.

Las clases por erosión hídrica el protocolo lo clasifica de la siguiente manera:

Cárcavas: Erosión en cárcavas es la consecuencia del agua que arrastra y corta el suelo a lo largo de una línea de flujo. Las cárcavas se forman en la exposición de drenajes de las vías, en los surcos del arado, en los senderos producidos por los animales, en las grietas ocasionadas por las llantas de los vehículos y entre las hileras de plantas de cultivo.

Surcos: Un surco es una depresión lineal o canal vacío en el suelo que acarrea agua luego de precipitaciones. Los surcos se alinean en general de forma perpendicular a la pendiente y se forman en series de líneas paralelas.

Erosión laminar o surquillos: Es la remoción más o menos uniforme del suelo de un área sin el desarrollo de canales de agua conspicuos. También comúnmente se denominan “calvas de erosión”. Este tipo de erosión está asociado con la erosión en “entresurcos”.

Terraceo (pata de vaca): Es una forma particular de la erosión que se presenta en zonas de ganadería; es producida por el pisoteo del ganado que genera, sobre las laderas, una forma de

sistema de terrazas discontinuas y poco organizadas. Esta clase de erosión es muy generalizada en las zonas montañosas y de lomerío en nuestro país

Salpicadura: Erosión producida por las gotas de lluvia que golpean el suelo desnudo a alta velocidad, fragmentando los gránulos y agregados de suelo y desprendiendo las partículas de la masa del suelo. La acción de salpicadura mueve las partículas desprendidas solamente a distancias cortas, pero el flujo superficial ligero las transporta. Esta clase de erosión es imposible de cartografiar.

- Análisis del ordenamiento territorial

El Artículo 2.2.3.1.5.6 del Decreto 1076 del 2015 establece que el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica se constituye en norma de superior jerarquía y determinante ambiental para la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 10 de la Ley 388 de 1997.

Para el caso de este estudio, se considera como determinante ambiental, para el análisis del ordenamiento territorial, el Plan de ordenamiento y manejo de cuenca (POMCA) de los ríos Guayuriba (2019) y Acacias-Pajure (2012) y el PBOT del municipio de Acacias-Meta (2000).

1.5.3.1.6 Hidrología

La presente metodología se dividió en tres etapas: precampo, campo y postcampo. A continuación, se presenta la metodología utilizada.

1.5.3.1.6.1 Etapa precampo

Para la elaboración del estudio en esta etapa se hizo la recopilación y revisión de la siguiente información secundaria:

- Actualización del POMCA del río Guayuriba (Unión Temporal Guayuriba Sostenible, 2018).
- POMCA Acacías-Pajure.
- Cartografía base del IGAC escala 1:25.000.
- Humedales del municipio de Acacías (Alcaldía de Acacías en *datos.gov.co*
- Capa de humedales de Colombia v3 diciembre de 2020 del Instituto Humboldt en *datos.gov.co*
- Estudio de impacto ambiental para la modificación del plan de manejo ambiental (PMA) del bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene (GEOTEC LTDA, 2022).
- Cartografía base campo de producción 50K – Bloque CPO-9 de ECOPETROL S.A.
- Cartografía base estudio de impacto ambiental línea de interconexión Cubarral.
- Cartografía base estudio de impacto ambiental Apiay.
- Modelo digital de elevaciones del proyecto.

Se tomaron como base los Términos de Referencia HI-TER 1-03 y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

En cuanto al pre-campo, se generó un mapa con una versión preliminar de cuencas hidrográficas (ver **Figura 1-75**) tomando como insumo la cartografía base y las unidades provenientes de la actualización del POMCA del río Guayuriba y de los estudios ambientales listados con anterioridad. Se delimitaron 20 unidades hidrográficas.

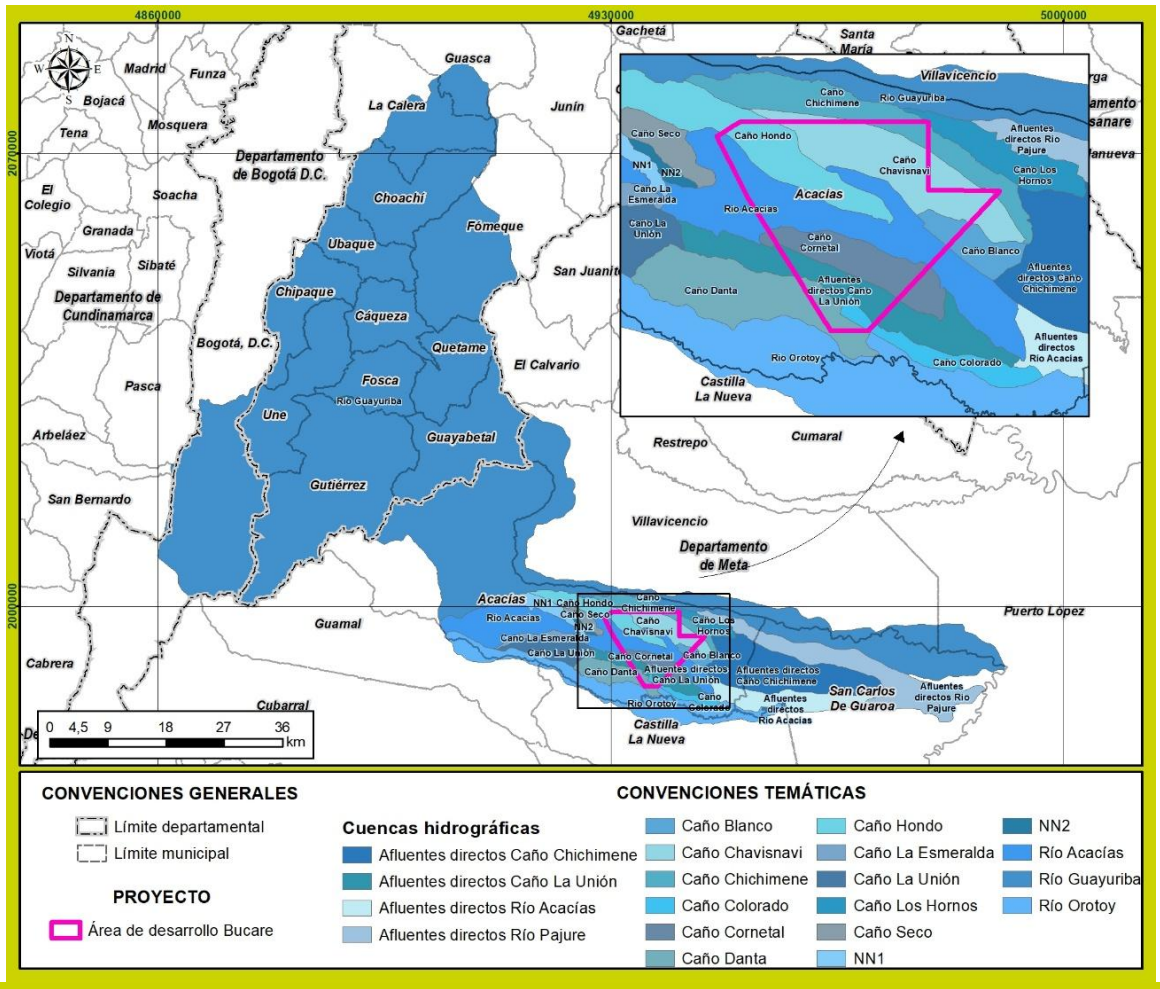


Figura 1-75 Cuencas hidrográficas preliminares
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Se propuso una red de puntos de control de campo que cubren el área de influencia fisicobiótica preliminar, en la **Figura 1-81** y en la **Tabla 1-56** se presenta el mapa pre-campo y sus coordenadas asociadas, donde se propusieron 89 puntos de control hidrológico (38 en cuerpos lénticos-28 de ellos son humedales reconocidos en el PBOT del municipio de Acacías, 50 en cuerpos lóticos y 1 estructuras antrópicas tipo canal). Este fue el insumo base para el trabajo de recolección de información primaria que permitió realizar la caracterización hidrológica del área de influencia fisicobiótica del proyecto.

En relación con el reconocimiento de los humedales se utilizó como base la capa de humedales V3 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS y el atlas de humedales de CORMACARENA. El reconocimiento de campo de los humedales se centró en corroborar la existencia, evidencia de transformación y temporalidad.

Tabla 1-56 Puntos de control hidrológico propuestos pre-campo

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO CUERPO	COMENTARIOS
	Este	Norte		
CA-1	4937347.75	1987931.74	Canal	Línea base
HU-1	4929892.99	1992475.5	Léntico	Humedal El Trio
HU-2	4931190.73	1996131	Léntico	Humedal El Llano

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO CUERPO	COMENTARIOS
	Este	Norte		
HU-3	4931752.18	1992957.72	Léntico	Humedal Palma Seca
HU-4	4931857.33	1993134.45	Léntico	Humedal Las Garzas 2
HU-5	4932039.22	1986931.03	Léntico	Humedal El Samán
HU-6	4932186.59	1987309.55	Léntico	Humedal La Chenchena 2
HU-7	4932210.97	1996154.65	Léntico	Humedal El Olvido
HU-8	4932596.32	1997418.17	Léntico	Humedal El palmar 2
HU-9	4932867.69	1997104.06	Léntico	Humedal El Pastizal 2
HU-10	4943292.21	1994184.44	Léntico	Humedal Árbol Torcido
HU-11	4933803.03	1998686.6	Léntico	Humedal El Difícil
HU-12	4933838.58	1998363.81	Léntico	Humedal La Luz
HU-13	4934149.22	1998268.48	Léntico	Humedal El Complique
HU-14	4934500.84	1998191.08	Léntico	Humedal Jiramita
HU-15	4934519.1	1998399.89	Léntico	Humedal Único
HU-16	4935920.62	1988831.59	Léntico	Humedal La Cerca 1
HU-17	4936564.21	1997418.99	Léntico	Humedal La Babilla 2
HU-18	4936572.65	1996227.92	Léntico	Humedal La Mata 2
HU-19	4936940.23	1998427.7	Léntico	Humedal El Platanillo
HU-20	4937132.42	1990202.95	Léntico	Humedal Verde
HU-21	4937628.61	1997604.45	Léntico	Humedal El Barbasco
HU-22	4937633.17	1995732.93	Léntico	Humedal Santa Lucia 1
HU-23	4937751.14	1995784.73	Léntico	Humedal Santa Lucia 2
HU-24	4938756.27	1997263.25	Léntico	Humedal Árbol Caido
HU-25	4938838.91	1997034.32	Léntico	Humedal La Enramada
HU-26	4938967.7	1996188.83	Léntico	Humedal Los Sapos
HU-27	4939165.41	1998384.82	Léntico	Humedal La Esperanza 2
HU-28	4941047.08	1986900.58	Léntico	Humedal Canaguaro
HU-29	4943338.51	1994416.04	Léntico	Humedal El Toro
LE-1	4930563.32	1996742.55	Léntico	Línea base
LE-2	4930673.69	1996661.34	Léntico	Línea base
LE-3	4930871.6	1995952.08	Léntico	Línea base
LE-4	4932454.16	1999777.47	Léntico	Línea base
LE-5	4935155.68	1986551.88	Léntico	Línea base
LE-7	4935474.37	1986908.27	Léntico	Línea base
LE-8	4939565.51	1988447.62	Léntico	Línea base
LE-9	4940231.95	1986798.09	Léntico	Línea base
LE-10	4933283.53	1991830.62	Léntico	Línea base
LO-1	4935427.43	1998254.55	Lotico	Verificar existencia drenaje
LO-2	4926590.58	1996709.69	Lótico	Verificar inicio de drenaje
LO-3	4926780.71	1997388.22	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-4	4926989.05	1997876.05	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-5	4929159.11	1991319.18	Lótico	Línea base
LO-6	4929400.32	1992000.92	Lótico	Línea base
LO-7	4930213.87	1994273.49	Lótico	Línea base
LO-8	4930397.64	1995178.19	Lótico	Línea base
LO-9	4930483.97	1995927.7	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-10	4930520.09	1992010.04	Lótico	Línea base
LO-11	4930543.11	1991137.3	Lótico	Verificar red de drenaje
LO-12	4930768.26	1997944.75	Lótico	Línea base
LO-13	4930805.57	1992440.63	Lótico	Verificar red de drenaje
LO-14	4930976.46	1998755.88	Lótico	Línea base
LO-15	4931176.05	1996296.18	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-16	4931297.48	1992016.3	Lótico	Línea base
LO-17	4931576.91	1994245.18	Lótico	Línea base
LO-18	4931587.14	1987361	Lótico	Línea base
LO-19	4931857.36	1994839.26	Lótico	Línea base
LO-20	4931997.5	1990333.85	Lótico	Línea base
LO-21	4932111.02	1997047.7	Lótico	Línea base
LO-22	4932147.55	1991535.48	Lótico	Línea base
LO-23	4932463.38	1993650.75	Lótico	Línea base
LO-24	4932855.18	1990221.63	Lótico	InfraPT ZOCAY
LO-25	4933244.5	1997415.78	Lótico	Línea base

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO CUERPO	COMENTARIOS
	Este	Norte		
LO-26	4933508.92	1990858.48	Lótico	Puente InfraPT Zocay
LO-27	4934677.7	1997256.42	Lótico	Verificar red de drenaje
LO-28	4934928.06	1997433.38	Lótico	Verificar red
LO-29	4934974.89	1995601.93	Lótico	Línea base
LO-30	4935623.42	1988602.21	Lótico	Línea base
LO-31	4935913.69	1997306.3	Lótico	Línea base
LO-32	4936326.96	1999222.03	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-33	4936701.69	1989753.29	Lótico	Línea base
LO-34	4936868.85	1990087.49	Lótico	Línea base
LO-35	4937152.24	1996111.42	Lótico	Línea base
LO-36	4937234.44	1996204.69	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-37	4938388.58	1993447.45	Lótico	Línea base
LO-38	4938416.71	1998634.16	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-39	4939124.61	1996770.75	Lótico	Línea base
LO-40	4939459.59	1999005.7	Lótico	Línea base
LO-41	4939700.96	1998019.33	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-42	4940643.67	1988562.8	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-43	4941386.37	1992472.22	Lótico	verificar existencia drenaje
LO-44	4941427.76	1992438.4	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-45	4941776.01	1988009.37	Lótico	Línea base
LO-46	4942002.44	1991964.5	Lótico	Verificar existencia drenaje
LO-47	4943240.35	1989276.51	Lótico	Línea base
LO-48	4943295.07	1995114	Lótico	Línea base
LO-49	4943965.89	1997423.06	Lótico	Línea base
LO-50	4943976.13	1995637.64	Lótico	Línea base

Fuente: SGI S.A.S., 2025

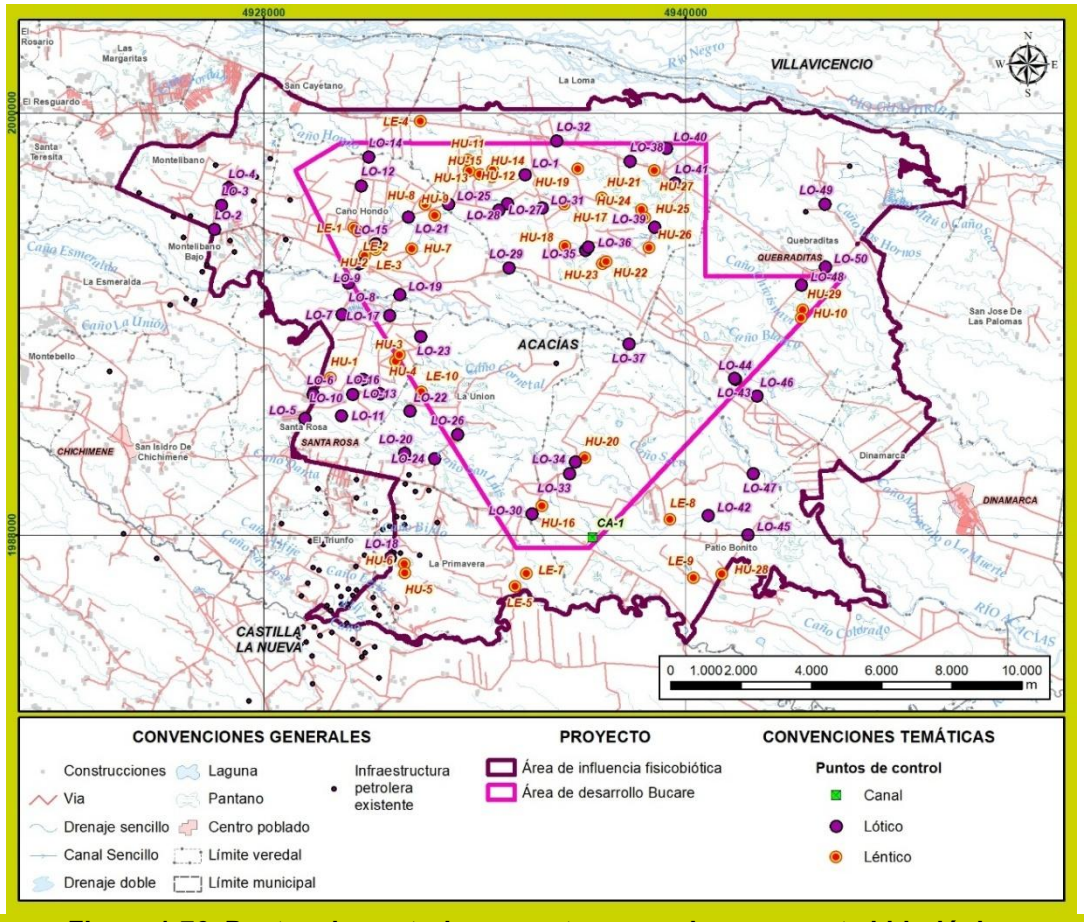


Figura 1-76 Puntos de control propuestos para el componente hidrológico
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.3.1.6.2 Etapa de campo

Con la información recopilada en la fase anterior se desarrolló la visita de campo, en la cual se hizo el recorrido del área, además de acuerdo a los términos de referencia se identificaron elementos que aportaron a la caracterización en cuanto a: tipo y distribución de las redes de drenaje, sistemas lénticos, permanentes e intermitentes, fuentes de contaminación y dinámica fluvial de las fuentes que pueden ser afectadas por el proyecto, así como las posibles alteraciones de su régimen natural (relación temporal y espacial de inundaciones).

En campo se hizo un inventario de los cuerpos de agua tanto lénticos como lóticos. Los puntos de control levantados fueron georreferenciados y se tomó la información siguiendo los campos del formato diseñado para la adquisición de información de campo (ver **Figura 1-77**).

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)	ESTRUCTURA HIDRÁULICA

Figura 1-77 Formato de recolección de información hidrológica en campo
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Los sitios de control de campo levantados se presentan en la **Figura 1-78** y en la **Tabla 1-57**. Se inventariaron 439 puntos de control hidrológico (22 en cuerpos lénticos, 172 en cuerpos lóticos, 115 en estructuras antrópicas tipo canal, 7 escorrentías, 99 en puntos reportados por CORMACARENA como humedales y 24 otros tipos de observaciones relacionadas con actividades sin proyecto y observaciones generales del terreno en cuanto a morfología y cobertura) en el periodo comprendido entre el 27 de marzo y el 10 de abril de 2025. Este fue el insumo primario para realizar la caracterización hidrológica del área de influencia fisicobiótica del proyecto.

Tabla 1-57 Puntos de control hidrológico levantados en campo

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA- 1	4929669,30	2000161,50	Canal	Canal palma
PCA- 101	4931490,85	1992439,21	Canal	Canal palma
PCA- 103	4931299,58	1992064,32	Canal	Canal palma
PCA- 104	4931290,56	1992015,60	Canal	Canal palma
PCA- 106	4930803,56	1992431,43	Canal	Canal palma
PCA- 107	4931247,09	1993106,79	Canal	Canal palma
PCA- 108	4931484,70	1993726,29	Canal	Canal palma
PCA- 11	4946362,31	1997308,65	Canal	Canal de palmera descarga a drenaje natural
PCA- 110	4930465,68	1994695,89	Canal	Canal palma

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA- 111	4939688,32	1998015,11	Canal	Canal ganadería
PCA- 116	4942547,04	1996161,81	Canal	Canal - Lentico seco
PCA- 124	4943158,68	1994495,38	Canal	Canal ganadería
PCA- 126	4943066,58	1994866,37	Canal	Canal ganadería
PCA- 135	4942650,70	1995650,48	Canal	Canal ganadería
PCA- 138	4935303,66	1995588,61	Canal	Canal
PCA- 139	4937249,98	1994909,70	Canal	Canal ganadería
PCA- 143	4940071,51	1993438,00	Canal	Canal palma
PCA- 144	4941381,49	1992451,87	Canal	Canal palma
PCA- 145	4941431,64	1992433,39	Canal	Canal palma
PCA- 146	4941609,10	1992276,82	Canal	Canal
PCA- 147	4941976,68	1991974,38	Canal	Canal
PCA- 148	4930870,19	1999859,70	Canal	Canal palma
PCA- 149	4936002,74	1999183,14	Canal	Canal palma
PCA- 154	4938999,19	1996504,42	Canal	Canal palma
PCA- 155	4938974,84	1996434,05	Canal	Canal palma
PCA- 16	4945179,85	1996606,38	Canal	Canal palma
PCA- 160	4937232,78	1996207,82	Canal	Canal palma
PCA- 161	4937148,05	1996119,04	Canal	Canal
PCA- 163	4936497,10	1995974,96	Canal	Canal
PCA- 17	4945353,54	1996825,39	Canal	Canal
PCA- 23	4943874,37	1997825,49	Canal	Canal ganadería
PCA- 26	4943299,43	1995110,53	Canal	Canal descarga potreros
PCA- 39	4930013,60	1993856,78	Canal	Canal palma
PCA- 40	4929944,18	1993343,90	Canal	Canal
PCA- 41	4929685,78	1992700,23	Canal	Canal
PCA- 46	4930633,98	1996402,18	Canal	Canal palma
PCA- 48	4930711,22	1997580,80	Canal	Canal palma
PCA- 49	4930763,77	1997952,03	Canal	Canal palma
PCA- 57	4930789,88	1998144,83	Canal	Canal palma
PCA- 66	4933562,17	1999123,33	Canal	Canal palma
PCA- 67	4933517,30	1997848,45	Canal	Canal palma
PCA- 68	4932119,06	1997067,70	Canal	Canal
PCA- 69	4931980,04	1996964,27	Canal	Canal palma
PCA- 70	4931772,89	1996854,59	Canal	Canal
PCA- 72	4931116,39	1997758,51	Canal	Canal palma
PCA- 73	4931036,06	1997328,07	Canal	Canal palma

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA- 74	4930986,06	1996351,31	Canal	Canal palma
PCA- 77	4932385,35	1997169,61	Canal	Canal
PCA- 78	4931178,11	1996297,35	Canal	Canal palma
PCA- 81	4932194,53	1996031,51	Canal	Canal palma
PCA- 83	4931800,80	1995587,16	Canal	Canal riego palma
PCA- 87	4930946,23	1994593,21	Canal	Canal
PCA- 89	4931629,03	1994558,45	Canal	Canal
PCA- 94	4931849,98	1993656,62	Canal	Canal
PCA- 96	4932062,67	1993280,78	Canal	Canal palma
PCA2- 10	4936253,82	1998169,26	Canal	Canal palma
PCA2- 105	4941433,19	1992432,39	Canal	Canal
PCA2- 111	4925617,87	1997468,77	Canal	Canal
PCA2- 113	4934716,69	1987798,89	Canal	Canal
PCA2- 12	4936269,33	1997496,55	Canal	Canal palma
PCA2- 136	4936343,32	1989718,75	Canal	Canal
PCA2- 146	4938036,77	1992738,47	Canal	Canal ganadería
PCA2- 147	4937458,72	1991950,91	Canal	Canal
PCA2- 152	4936590,91	1990848,85	Canal	Canal
PCA2- 153	4936573,79	1990810,41	Canal	Canal
PCA2- 158	4936345,23	1989424,94	Canal	Confluencia canales
PCA2- 159	4936178,03	1989330,58	Canal	Canal
PCA2- 161	4936058,42	1989203,48	Canal	Canal
PCA2- 171	4932161,88	1991767,99	Canal	Canal
PCA2- 174	4932545,07	1992045,84	Canal	Canal
PCA2- 175	4932591,46	1991901,71	Canal	Canal
PCA2- 182	4932351,72	1991711,50	Canal	Canal
PCA2- 183	4933506,06	1991644,59	Canal	Canal
PCA2- 186	4933663,77	1991971,55	Canal	Canal
PCA2- 188	4933757,70	1992032,70	Canal	Canal doble
PCA2- 19	4934565,87	1997556,31	Canal	Canal palma
PCA2- 190	4934209,34	1992444,31	Canal	Canal
PCA2- 20	4934933,21	1997434,72	Canal	Canal palma
PCA2- 204	4935203,84	1988034,79	Canal	Canal
PCA2- 21	4934677,96	1997261,43	Canal	Canal palma
PCA2- 23	4934970,99	1997972,93	Canal	Canal palma
PCA2- 24	4935310,59	1998173,90	Canal	Canal palma
PCA2- 26	4929508,99	1999641,40	Canal	Canal palma

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA2- 28	4929469,48	1999482,65	Canal	Canal
PCA2- 34	4935029,84	1997399,52	Canal	Canal palma
PCA2- 4	4935574,58	1999267,41	Canal	Canal palma
PCA2- 5	4935929,86	1998741,42	Canal	Canal palma
PCA2- 53	4939536,25	1997959,30	Canal	Canal
PCA2- 59	4939805,54	1997743,77	Canal	Canal ganadería
PCA2- 71	4927172,98	1999638,15	Canal	Canal
PCA2- 74	4924156,68	1998515,51	Canal	Canal
PCA2- 75	4923977,09	1998205,82	Canal	Canal
PCA2- 9	4936535,53	1997950,17	Canal	Canal palma
PCA3- 1	4940805,34	1992339,31	Canal	Canal
PCA3- 11	4941255,49	1993266,42	Canal	Canal y bajo drenado
PCA3- 12	4941430,99	1993524,87	Canal	Canal
PCA3- 13	4940723,00	1994771,82	Canal	Canal
PCA3- 18	4939882,14	1995928,05	Canal	Canal
PCA3- 2	4940612,58	1992520,98	Canal	Canal
PCA3- 33	4941643,37	1996282,93	Canal	Canal
PCA3- 4	4940498,39	1992690,22	Canal	Derivación lateral canal
PCA3- 42	4939372,22	1994895,57	Canal	Canal
PCA3- 44	4939569,31	1994235,12	Canal	Canal
PCA3- 45	4939867,71	1993872,05	Canal	Canal
PCA3- 46	4939897,20	1993832,81	Canal	Canal
PCA3- 47	4940978,77	1992819,20	Canal	Canal
PCA3- 5	4940532,99	1992649,54	Canal	Canal
PCA3- 7	4941708,85	1991540,96	Canal	Canal
PCA3- 8	4942133,15	1990901,59	Canal	Canal
PCA3- 9	4942161,97	1990845,22	Canal	Canal
PCA4- 1	4937348,26	1987925,27	Canal	Canal
PCA4- 18	4937645,56	1988226,83	Canal	Canal
PCA4- 24	4931573,70	1987376,26	Canal	Canal
PCA4- 38	4932140,86	1985887,34	Canal	Canal
PCA4- 4	4938788,54	1989072,59	Canal	Canal
PCA- 129	4943052,10	1996035,53	Escorrentía	Escorrentía
PCA2- 49	4938733,66	1998852,09	Escorrentía	Escorrentía
PCA2- 76	4937940,58	1994265,15	Escorrentía	Escorrentía
PCA2- 82	4938631,57	1993871,87	Escorrentía	Escorrentía
PCA2- 84	4938512,44	1993616,93	Escorrentía	Escorrentía

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA3- 38	4940428,11	1996935,52	Escorrentía	Zona de escorrentía
PCA4- 2	4938411,22	1988906,87	Escorrentía	Escorrentía
PCA- 100	4931701,74	1992334,30	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 102	4931486,64	1992452,80	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 113	4940795,63	1997428,10	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 114	4941567,07	1996888,72	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 119	4943279,96	1994159,24	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 121	4943318,89	1994441,14	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 136	4942665,46	1995302,08	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 150	4936942,82	1998483,04	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 152	4937589,41	1997627,90	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 156	4938974,96	1996216,58	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 162	4936509,23	1996187,66	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 29	4927488,42	1996775,11	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 30	4927525,60	1996785,14	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 59	4933704,90	1998532,29	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 60	4933834,29	1998687,44	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 61	4933807,96	1998343,26	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 62	4933802,83	1998312,11	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 71	4931117,76	1997806,79	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 75	4932594,00	1997426,40	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 76	4932897,77	1997109,45	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 79	4931213,36	1996103,29	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 80	4931800,98	1996120,20	Humedal CORMACARENA	No es un humedal
PCA- 82	4932096,03	1996093,24	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 92	4932638,72	1993250,08	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 95	4931755,38	1993747,08	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 97	4932073,22	1993301,87	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA- 98	4931906,66	1993170,61	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA- 99	4931682,13	1992982,27	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 1	4932437,73	1999426,59	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA2- 100	4938611,76	1995290,66	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Jagüey
PCA2- 102	4938910,43	1994677,98	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 104	4938759,48	1994144,05	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 106	4936446,78	1995254,56	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Jagüey
PCA2- 13	4936587,33	1997440,42	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 131	4941050,15	1986883,54	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 148	4937794,27	1991386,71	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 149	4938026,30	1991193,07	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 154	4937053,73	1990254,28	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 157	4936330,48	1989442,41	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 160	4936018,80	1989211,68	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 162	4936129,75	1989168,07	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 163	4935965,04	1989294,15	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 164	4935923,07	1988910,87	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 165	4935965,21	1988897,02	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 166	4935966,51	1988860,78	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 168	4934118,17	1991341,04	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 172	4932135,22	1992038,84	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 185	4933555,27	1991776,77	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Jagüey
PCA2- 187	4933756,59	1992027,51	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Jagüey
PCA2- 189	4933868,87	1992304,44	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Jagüey
PCA2- 192	4934937,60	1992805,89	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 205	4935596,53	1988086,78	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 27	4929337,20	1999619,88	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 3	4931892,07	1999386,99	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 32	4935366,04	1999704,36	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 38	4934550,85	1998426,27	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 40	4934492,62	1998146,28	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 41	4939145,14	1998378,78	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 43	4938966,20	1997957,80	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA2- 44	4938774,24	1997639,81	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 45	4938781,11	1997294,73	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 47	4938615,27	1998214,83	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 56	4939068,06	1997604,15	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 58	4939778,72	1997785,33	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 60	4939882,76	1997549,91	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 63	4938858,67	1997114,46	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 65	4939370,94	1997665,27	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 66	4940148,24	1997786,19	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA2- 67	4927819,66	2000987,59	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 93	4937695,27	1995659,45	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 94	4937791,74	1995789,06	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 96	4938138,69	1995887,01	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA2- 97	4938204,12	1995732,92	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Es una infraestructura con jarillones
PCA2- 98	4938320,31	1995569,97	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA3- 15	4939879,21	1995338,77	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 19	4940113,13	1996006,13	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 21	4939777,69	1996565,35	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Jagüey
PCA3- 24	4940126,41	1996980,47	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 25	4940208,47	1997056,00	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 26	4940535,27	1996884,85	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 27	4940827,54	1996675,82	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 28	4940949,38	1997000,05	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 29	4940958,37	1997016,29	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 30	4941415,36	1996520,20	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 31	4941679,08	1996251,64	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA3- 32	4941717,66	1996191,28	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Jagüey
PCA3- 34	4941407,56	1996466,72	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 35	4941173,71	1996408,42	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 36	4941119,81	1996451,11	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA3- 37	4941045,81	1996484,41	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 41	4939895,51	1994308,72	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Jagüey
PCA3- 43	4939566,88	1994242,19	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA3- 48	4940632,67	1993562,61	Humedal CORMACARENA	No es un humedal. Jagüey
PCA4- 12	4940570,23	1989625,24	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA4- 13	4940526,68	1989558,97	Humedal CORMACARENA	Humedal natural permanente
PCA4- 16	4939464,77	1988435,14	Humedal CORMACARENA	No es un humedal
PCA4- 19	4937672,76	1988192,43	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA4- 20	4937707,73	1988096,41	Humedal CORMACARENA	Humedal transformado temporal
PCA4- 6	4940277,47	1989454,94	Humedal CORMACARENA	No es un humedal
PCA- 2	4932516,65	1999758,13	Léntico	Piscinas tratamiento agua residual
PCA- 47	4930665,15	1996667,68	Léntico	Piscina manejo agua palma
PCA- 58	4930566,64	1996716,77	Léntico	Piscina manejo agua palma
PCA- 84	4930874,38	1995918,05	Léntico	Laguna de oxidación
PCA- 85	4931012,68	1995880,39	Léntico	Laguna de oxidación
PCA2- 114	4934854,80	1987675,53	Léntico	Jagüey Laguna de Amortización sector 1
PCA2- 119	4935467,64	1986904,56	Léntico	Otro cuerpos de agua - Laguna
PCA2- 122	4935155,54	1986570,90	Léntico	Otro cuerpo de agua - Laguna de amortiguación
PCA2- 135	4940260,90	1986804,33	Léntico	Jagüey
PCA2- 141	4938136,65	1993081,60	Léntico	Pantano
PCA2- 173	4932454,97	1992075,74	Léntico	Jagüey
PCA2- 178	4932269,06	1991563,89	Léntico	Laguna
PCA2- 193	4935255,29	1992787,50	Léntico	Jaguey El Garcero
PCA2- 194	4935571,34	1992751,31	Léntico	Jagüey
PCA2- 31	4935779,67	1999625,06	Léntico	Piscinas tratamiento agua palmera
PCA2- 7	4935825,76	1998375,72	Léntico	Humedal - Laguna
PCA2- 70	4927215,27	1999929,95	Léntico	Pantano
PCA2- 89	4938005,96	1995146,38	Léntico	Jagüey
PCA2- 91	4937914,79	1995512,79	Léntico	Pantano
PCA4- 34	4932231,21	1985910,84	Léntico	Cachamera
PCA4- 35	4932231,49	1985868,95	Léntico	Cachamera
PCA4- 36	4932155,25	1985913,45	Léntico	Jaguey
PCA- 10	4947347,67	1997441,56	Lótico	Caño del Agua
PCA- 105	4930733,67	1992010,82	Lótico	Caño La Unión

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA- 109	4931102,44	1993945,91	Lótico	Caño Innominado
PCA- 117	4942546,94	1994223,61	Lótico	Caño Chavisnavi
PCA- 118	4943113,43	1994189,33	Lótico	Caño Innominado
PCA- 12	4945801,24	1997287,99	Lótico	Caño Mitú o Caño Seco
PCA- 122	4943355,30	1994461,11	Lótico	Ajuste red drenaje
PCA- 128	4942941,35	1996036,04	Lótico	Ajuste red drenaje
PCA- 13	4944435,38	1995737,01	Lótico	Caño Innominado
PCA- 130	4943299,01	1996050,96	Lótico	Brazo caño Chichimene
PCA- 131	4943336,07	1996037,79	Lótico	Brazo caño Chichimene
PCA- 132	4943423,48	1996159,06	Lótico	Caño Chichimene
PCA- 134	4943046,59	1996098,07	Lótico	Brazo caño Chichimene
PCA- 137	4934978,07	1995601,44	Lótico	Caño Hondo
PCA- 14	4944586,18	1995902,66	Lótico	Caño Innominado
PCA- 140	4937772,96	1994695,65	Lótico	Caño Innominado
PCA- 15	4945037,27	1996439,07	Lótico	Caño Los Hornos
PCA- 151	4936927,24	1998100,18	Lótico	Caño Innominado
PCA- 153	4939127,77	1996778,59	Lótico	Caño Innominado
PCA- 159	4937170,48	1996797,37	Lótico	Caño Innominado
PCA- 164	4936089,10	1996514,47	Lótico	Caño Innominado
PCA- 165	4936049,45	1996788,64	Lótico	Caño Innominado
PCA- 18	4943967,45	1997417,49	Lótico	Caño Los Hornos
PCA- 19	4943920,84	1998507,22	Lótico	Caño Mitú o Caño Seco
PCA- 21	4943884,31	1999921,03	Lótico	Río Guayuriba
PCA- 22	4943881,64	1999539,38	Lótico	Bajo inundable con drenaje
PCA- 24	4943982,72	1997528,86	Lótico	Caño Innominado
PCA- 25	4942269,36	1996643,08	Lótico	Caño Chichimene
PCA- 27	4925709,64	1997050,35	Lótico	Caño Innominado
PCA- 28	4927156,11	1996694,60	Lótico	Caño Innominado
PCA- 31	4927639,93	1996810,90	Lótico	Caño Innominado
PCA- 32	4929044,19	1996402,40	Lótico	Caño Innominado
PCA- 33	4930761,16	1995675,78	Lótico	Caño Innominado
PCA- 34	4930430,01	1995520,56	Lótico	Caño Innominado
PCA- 35	4930399,79	1995182,46	Lótico	Río Acacías
PCA- 36	4930370,85	1995065,47	Lótico	Caño Innominado
PCA- 37	4930410,97	1994851,51	Lótico	Caño Innominado
PCA- 38	4930206,12	1994273,54	Lótico	Caño Innominado
PCA- 4	4934831,80	1999527,14	Lótico	Caño Innominado

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA- 42	4929423,89	1991984,95	Lótico	Caño La Unión
PCA- 43	4929160,70	1991318,08	Lótico	Caño Seco
PCA- 44	4928786,85	1990500,57	Lótico	Caño Innominado
PCA- 45	4930483,36	1995929,59	Lótico	Caño Nacedero
PCA- 5	4936333,56	1999218,48	Lótico	Caño Innominado
PCA- 50	4930961,56	1998749,46	Lótico	Caño Hondo
PCA- 52	4929400,70	1994031,94	Lótico	Caño Innominado
PCA- 53	4929461,62	1994027,04	Lótico	Caño Innominado
PCA- 54	4926608,00	1996678,02	Lótico	Caño Innominado
PCA- 55	4932767,34	1997965,46	Lótico	Caño Hondo
PCA- 56	4933236,56	1997405,89	Lótico	Caño Hondo
PCA- 6	4938417,80	1998630,10	Lótico	Caño Innominado
PCA- 65	4934173,58	1999074,60	Lótico	Caño Innominado
PCA- 8	4943979,87	1995593,64	Lótico	Caño Chichimene
PCA- 88	4931830,00	1994702,39	Lótico	Río Acacías
PCA- 9	4944067,35	1995465,74	Lótico	Caño Chichimene
PCA- 90	4931571,20	1994247,33	Lótico	Caño Innominado
PCA- 91	4932435,14	1993634,65	Lótico	Caño Innominado
PCA- 93	4932022,55	1993509,87	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 101	4938422,16	1995027,58	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 103	4938774,04	1994179,73	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 107	4926174,44	1998067,89	Lótico	Caño Seco
PCA2- 109	4926988,58	1997866,46	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 11	4935707,68	1998238,04	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 110	4926782,79	1997384,96	Lótico	Caño Seco
PCA2- 112	4934848,08	1988258,57	Lótico	Caño Danta
PCA2- 115	4935151,68	1987882,56	Lótico	Caño Danta
PCA2- 118	4935493,68	1986525,32	Lótico	Caño Bijao
PCA2- 120	4935078,10	1987231,34	Lótico	Caño Bijao
PCA2- 123	4935112,61	1986260,28	Lótico	Río Orotoy
PCA2- 124	4934507,18	1986241,03	Lótico	Caño NN2
PCA2- 125	4934190,59	1987583,01	Lótico	Caño Bijao
PCA2- 126	4935618,75	1988608,64	Lótico	Caño San Luis
PCA2- 127	4935658,92	1988438,23	Lótico	Límite inundaciones caño San Luis
PCA2- 128	4935609,66	1988407,41	Lótico	Caño San Luis
PCA2- 129	4939990,58	1984930,20	Lótico	Río Orotoy
PCA2- 130	4940745,82	1986325,84	Lótico	Caño Colorado

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA2- 132	4941470,64	1987564,48	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 133	4941767,23	1988007,28	Lótico	Caño La Unión
PCA2- 134	4941913,93	1988160,33	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 137	4937363,98	1991833,07	Lótico	Caño Cornetal
PCA2- 138	4937888,44	1992965,97	Lótico	Caño NN4
PCA2- 139	4937897,33	1992997,34	Lótico	Límite inundación caño NN4
PCA2- 14	4936984,99	1997680,03	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 140	4937994,90	1993021,81	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 142	4938210,07	1993016,69	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 143	4938412,99	1993432,13	Lótico	Río Acacías
PCA2- 145	4938165,96	1992937,16	Lótico	Caño NN4
PCA2- 15	4936416,97	1997249,26	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 150	4937066,88	1991319,02	Lótico	Caño Seco
PCA2- 151	4937036,17	1991371,31	Lótico	Caño Seco
PCA2- 155	4936882,72	1990097,16	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 156	4936683,82	1989738,07	Lótico	Caño La Unión
PCA2- 16	4935915,32	1997314,47	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 169	4933756,90	1991220,55	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 17	4935671,20	1997654,64	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 170	4933639,19	1991106,82	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 179	4932183,91	1991538,25	Lótico	Caño La Unión
PCA2- 180	4932307,44	1991399,05	Lótico	Caño La Unión
PCA2- 181	4932295,10	1991380,16	Lótico	Caño La Unión - Dinámica hidráulica
PCA2- 191	4934560,93	1992626,82	Lótico	Caño Cornetal
PCA2- 195	4935553,90	1993525,35	Lótico	Caño NN5
PCA2- 196	4935712,26	1993677,50	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 197	4935844,25	1993579,40	Lótico	Río Acacías
PCA2- 198	4933505,20	1991362,94	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 199	4933507,64	1991211,22	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 2	4932189,97	1998571,30	Lótico	Caño Hondo
PCA2- 200	4933503,17	1990859,29	Lótico	Caño La Unión
PCA2- 201	4932848,26	1990205,18	Lótico	Caño San Luis
PCA2- 202	4932848,56	1990001,09	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 203	4932966,76	1988927,41	Lótico	Caño Danta
PCA2- 22	4934594,93	1997842,81	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 25	4935431,71	1998252,82	Lótico	Caño Innominado

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA2- 30	4935794,46	1999661,51	Lótico	Brazo caño Chichimene
PCA2- 33	4935213,21	1997778,72	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 36	4934677,26	1998922,86	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 46	4938579,80	1998111,43	Lótico	Chucua Negra
PCA2- 48	4938611,85	1998736,04	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 50	4938864,91	1998984,38	Lótico	Caño Chichimene
PCA2- 51	4939242,10	1998996,28	Lótico	Caño Chichimene
PCA2- 52	4939404,06	1999083,58	Lótico	Caño Chichimene
PCA2- 54	4939011,51	1997676,67	Lótico	Chucua Negra
PCA2- 57	4939243,28	1997606,35	Lótico	Chucua Negra
PCA2- 6	4935919,84	1998375,02	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 61	4939358,37	1997285,72	Lótico	Chucua Negra
PCA2- 62	4939085,01	1997054,64	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 68	4927427,22	2000474,76	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 69	4927300,94	2000200,71	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 72	4927084,39	1999446,51	Lótico	Caño Hondo
PCA2- 73	4924943,09	1999137,85	Lótico	Caño Seco
PCA2- 77	4937920,93	1994250,24	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 78	4937888,46	1994163,64	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 79	4937897,72	1994064,18	Lótico	Caño Hondo
PCA2- 8	4936426,02	1997814,34	Lótico	Drenaje Innominado
PCA2- 80	4937927,92	1993929,58	Lótico	Caño Hondo
PCA2- 81	4938068,17	1993895,12	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 83	4938616,79	1993847,02	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 85	4938430,00	1993483,50	Lótico	Río Acacías
PCA2- 86	4938386,95	1993488,72	Lótico	Confluencia caño Hondo y río Acacías
PCA2- 87	4937793,68	1994644,58	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 88	4937484,03	1994748,66	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 95	4938186,57	1995873,04	Lótico	Caño Innominado
PCA2- 99	4938349,54	1995463,87	Lótico	Caño Innominado
PCA3- 14	4939841,14	1995327,42	Lótico	Caño Innominado
PCA3- 16	4939552,38	1995829,59	Lótico	Caño NN3
PCA3- 17	4939634,82	1995814,95	Lótico	Caño NN3
PCA3- 22	4939828,11	1996614,70	Lótico	Caño Innominado
PCA3- 23	4939927,51	1996581,05	Lótico	Caño Innominado
PCA3- 3	4940496,60	1992666,91	Lótico	Drenaje Innominado
PCA4- 10	4940745,78	1989942,37	Lótico	Caño Innominado

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA4- 11	4940594,35	1989868,76	Lótico	Caño Innominado
PCA4- 14	4940339,69	1989566,94	Lótico	Caño Seco
PCA4- 15	4940536,32	1988652,13	Lótico	Caño Innominado
PCA4- 17	4939637,51	1988336,80	Lótico	Caño La Unión
PCA4- 21	4932013,07	1990268,88	Lótico	Caño San Luis
PCA4- 22	4931667,80	1988874,98	Lótico	Caño Danta
PCA4- 23	4931720,08	1987977,48	Lótico	Caño Bijao
PCA4- 26	4931659,44	1985785,15	Lótico	Caño Lejía
PCA4- 27	4931556,23	1985336,61	Lótico	Caño Innominado
PCA4- 28	4931552,11	1985312,52	Lótico	Caño Innominado
PCA4- 3	4938560,79	1988869,87	Lótico	Caño La Unión
PCA4- 30	4931541,42	1985263,91	Lótico	Río Orotoy
PCA4- 32	4932246,09	1985919,98	Lótico	Caño Innominado
PCA4- 37	4932171,83	1985899,37	Lótico	Caño Innominado
PCA4- 39	4930866,78	1986526,95	Lótico	Caño Lejía
PCA4- 40	4930081,21	1985754,49	Lótico	Caño Alfije
PCA4- 41	4929342,99	1985820,56	Lótico	Caño San José
PCA4- 42	4929222,42	1985621,31	Lótico	Río Orotoy
PCA4- 43	4929238,98	1985653,90	Lótico	Río Orotoy
PCA4- 5	4938834,45	1990024,59	Lótico	Caño Seco
PCA4- 7	4941263,92	1990621,70	Lótico	Límite inunda rio Acacías
PCA4- 8	4941302,47	1990682,89	Lótico	Río Acacías
PCA4- 9	4941036,50	1990058,31	Lótico	Caño Cornetal
PCA- 127	4942920,38	1996039,81	Otra observación	Terraza divisoria cuenca
PCA- 20	4943879,36	1999809,99	Otra observación	Actividad sin proyecto - Plantación
PCA- 3	4933007,97	1999686,72	Otra observación	Ganadería
PCA- 51	4930633,74	1996374,11	Otra observación	Ganadería en palma
PCA2- 116	4935616,79	1986564,02	Otra observación	Riego
PCA2- 121	4934857,71	1986784,76	Otra observación	Bajo
PCA2- 167	4935928,87	1988834,29	Otra observación	Bajo
PCA2- 176	4932583,54	1991849,01	Otra observación	Humedales desecados
PCA2- 177	4932272,41	1991609,24	Otra observación	Bajo inundable
PCA2- 18	4934470,30	1997521,57	Otra observación	Herbazal
PCA2- 29	4935898,82	1999417,68	Otra observación	Cruce vía con drenaje innominado
PCA2- 35	4935071,73	1998883,24	Otra observación	Escorrentía
PCA2- 37	4934450,39	1998537,39	Otra observación	Escorrentía
PCA2- 42	4939052,95	1998242,16	Otra observación	Bajo

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		TIPO OBSERVACIÓN	COMENTARIOS
	Este [m]	Norte [m]		
PCA2- 55	4938997,73	1997645,30	Otra observación	Bajo
PCA2- 64	4938776,43	1997103,02	Otra observación	Tala
PCA2- 92	4937873,08	1995544,96	Otra observación	Jagüey
PCA3- 10	4941315,75	1993091,36	Otra observación	Bajo drenado
PCA3- 20	4939954,36	1996234,07	Otra observación	Relicto bosque
PCA3- 39	4939603,49	1995759,94	Otra observación	Actividad sin proyecto - Material cantera
PCA3- 6	4940560,01	1992569,41	Otra observación	Vivero palma
PCA4- 29	4931547,88	1985301,70	Otra observación	Bajo Inundable
PCA4- 31	4931582,11	1985356,48	Otra observación	Pata terraza talud
PCA2- 144	4938539,57	1993194,48	Otra observación	No pantano

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

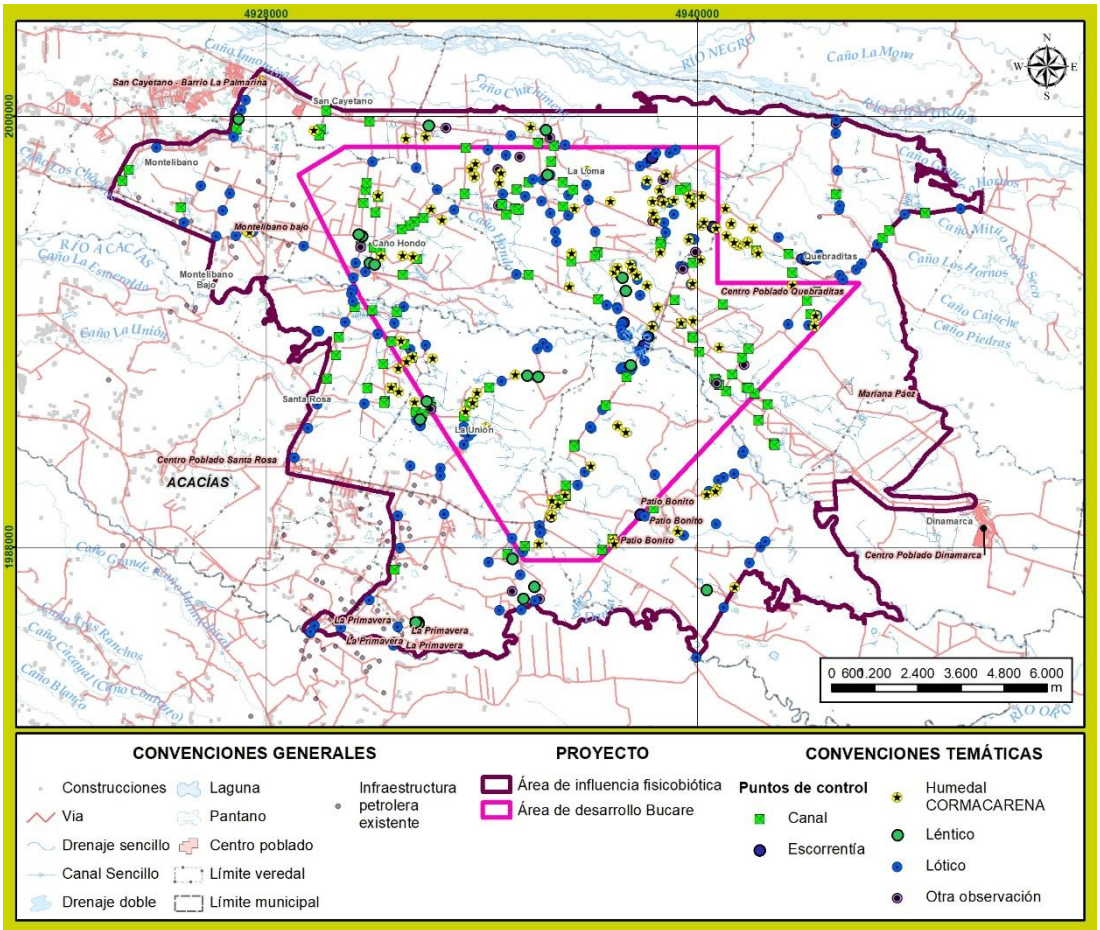


Figura 1-78 Puntos de control levantados en campo para el componente hidrológico
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.3.1.6.3 Etapa postcampo

En esta etapa se realizó el procesamiento e interpretación completo de la información tomada en campo y la información secundaria disponible. El tratamiento de los datos se almacenó en el Modelo de Almacenamiento Geográfico para la evaluación de estudios ambientales en formato GDB, teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016 – MADS.

1.5.3.1.6.3.1 Validación de cuerpos lénticos, lóticos y humedales

Se realizó la verificación de los puntos de control levantados en campo con la imagen satelital del proyecto, modelo digital de elevaciones y cartografía base preliminar. Este fue un proceso iterativo en el que se ajustó la red de drenaje y se depuraron los cuerpos lénticos registrados en la cartografía base.

1.5.3.1.6.3.2 Selección y adquisición de información meteorológica

Este es el primer paso de la modelación hidrológica, donde se desarrolló la recolección de toda la información hidroclimatológica oficial disponible para los parámetros caudal, precipitación y temperatura en estaciones meteorológicas.

Este se podría consolidar como el paso más importante de la modelación hidrológica, ya que a partir de la información disponible se determinó el tipo de modelo a emplear. Debido a que la cuenca solo cuenta con una estación de caudales, fue necesaria la búsqueda de otras cuencas instrumentadas que tuvieran características morfométricas y climáticas similares a la de las cuencas delimitadas en el área de influencia fisicobiótica. Por lo que fue necesario realizar la adquisición de información climatológica no solo de las cuencas en estudio, sino también de las cuencas instrumentadas de referencia.

1.5.3.1.6.3.2.1 Análisis de calidad de datos hidroclimatológicos

En general, sobre toda serie hidrometeorológica deben realizarse varios tipos de pruebas.

El primero de ellos tiene que ver con el aseguramiento de la calidad de las series, lo que repercutirá directamente sobre los resultados y los análisis que se realicen. Dentro de éstas se encuentran el análisis de datos faltantes, la detección de datos anómalos, los análisis de consistencia, entre otros.

Un segundo grupo de pruebas suele estar enfocado hacia la determinación de algunas características con las cuales deben cumplir las series para que tenga sustento el análisis, normalmente de tipo estadístico. En éstas se encuentran pruebas como las de aleatoriedad.

En otro grupo, aparecen análisis los cuales tienen cabida tanto en los dos objetivos esbozados en los puntos anteriores como en la determinación de alteraciones en las variables de estado de los procesos que se están estudiando; tal es el caso de pruebas de homogeneidad, ya sea en las medidas de tendencia central o de variabilidad, o pruebas enfocadas a la identificación y el análisis de tendencia. Finalmente, en la búsqueda de la caracterización de las series y de la identificación de relaciones, suele hacerse uso del ajuste de funciones de densidad de probabilidad y el cálculo de medidas de correlación.

En este estudio se realizó el análisis de calidad de datos hidroclimatológicos teniendo presente la completitud, el análisis de datos anómalos, el análisis de la consistencia de datos, el completamiento de las series de tiempo, el análisis de tendencia de datos y el análisis espacio temporal, como se describe seguidamente.

1.5.3.1.6.3.2.1.1 Completitud

Una vez obtenida la información hidroclimatológica para las cuencas delimitadas en el área de influencia fisicobiótica y las cuencas instrumentadas, se depuraron las series de tiempo teniendo en cuenta la longitud de los registros, y garantizando el porcentaje máximo de datos faltantes, ya que según (Garcia Reinoso, 2015) se considera apropiado completar series temporales de datos hidroclimatológicos que tengan un máximo del 20% de datos faltantes. Motivo por el cual este estudio descarta las estaciones hidroclimatológicas que no cumplan con este criterio. No obstante, las estaciones excluidas se utilizaron para la imputación de datos de las estaciones seleccionadas.

1.5.3.1.6.3.2.1.2 Análisis de datos anómalos

Los valores anómalos se pueden presentar debido a errores por mala calibración en los instrumentos de medición, posibles cambios en la ubicación del instrumento, cambios de la geometría de la estructura o sección de medición de la variable u otros factores. En el análisis de homogeneidad de las series hidrológicas a ser utilizadas para la estimación de características estadísticas y/o modelación de variables en recursos hídricos, los outliers deben ser identificados y removidos de la serie de tal forma que no ocasionen una sobrestimación o subestimación de la variable de interés. Existen diferentes técnicas paramétricas y no paramétricas para la detección de estos cambios en una serie o conjunto de series, en este estudio se realizó mediante gráficas de dispersión, puesto que este método permite visualizar de forma sencilla la presencia de valores atípicos/outliers en las series de datos, los cuales se observan como picos que no tienen un comportamiento similar al de los demás valores.

En este análisis al detectarse datos anómalos, se eliminan de la serie de datos, garantizando que cada variable muestre su comportamiento natural –sin variaciones debidas a datos anómalos–.

1.5.3.1.6.3.2.1.3 Análisis de consistencia de datos

El análisis de consistencia de datos compara los valores actuales con los históricos, comprobando si se encuentran dentro de los rangos esperados. Para determinar la consistencia de las series de datos en estudio se hicieron boxplot –que permiten visualizar rápidamente la dispersión de una serie de datos–, e histogramas, que muestran la frecuencia de los datos registrados.

En los boxplot (diagrama de cajas y bigotes) los cuartiles dividen la muestra en 4 partes iguales: los límites de la caja indican el primer y el tercer cuartil (Q_1 y Q_3); la línea vertical dentro de la caja es la mediana (equivalente al segundo cuartil Q_2) y la “x” es el promedio; los límites de los bigotes (o brazos) son los valores extremos, es decir, el valor mínimo y el valor máximo de la serie de datos; y los puntos fuera de los bigotes son los valores atípicos (outliers). Dado que el análisis de datos anómalos se basa en las gráficas de dispersión, en este apartado se hace énfasis en la dispersión de los datos para corroborar la consistencia de la información.

En este análisis al detectarse datos inconsistentes, se eliminan de la serie de datos, garantizando que cada variable muestre su comportamiento histórico.

1.5.3.1.6.3.2.1.4 Completamiento de series de tiempo

Según (Otero, 2011) se denomina imputación al procedimiento que utiliza la información contenida en la muestra para asignar un valor a aquellas variables que tienen registros con valor ausente, ya sea porque se carece de información o porque se detecta que algunos de los valores recolectados no corresponden con el comportamiento esperado. La razón principal por la cual se realiza la imputación es obtener un conjunto de datos completo y consistente al cual se le puedan aplicar las técnicas estadísticas ordinarias.

Dentro de la imputación de datos se deben escoger muy cuidadosamente los criterios de imputación y sobre todo el método. Como criterio de calidad (Otero, 2011) propone que la imputación debe mantener la distribución de la variable, es decir, la serie imputada debe producir una distribución lo más parecida posible a la original.

Según (Otero, 2011) los métodos de imputación se pueden clasificar según su complejidad en simples o múltiples o por el origen de los datos bien sean determinísticos o estocásticos (aleatorios).

La imputación simple consiste en asignar un valor por cada dato faltante basándose en la magnitud de la propia variable o de otras variables, generando una serie completa, mientras que la imputación múltiple consiste en asignar a cada dato faltante varios valores (m), generando m conjuntos de datos completos, y se escoge aquel que presenta los mejores resultados.

A continuación, se describen los métodos de imputación utilizados para el desarrollo del presente estudio:

a. Imputación por media

Este es probablemente uno de los procedimientos de imputación más sencillo y utilizado. Los valores faltantes de una variable se reemplazan por la media de los valores observados. Este método tiene dos opciones:

i. Imputación por media no condicional: consiste en estimar la media de los valores observados, es decir, si y_{ij} es el valor de la variable Y_i para la unidad i, los datos faltantes de la serie son estimados por medio de $\underline{y_j}$.

ii. Imputación por media condicional: imputa medias condicionadas a valores observados. Un método común consiste en agrupar los valores por clases bien sea los meses o los valores observados por día, y asignar la media para cada clase.

b. Imputación por el método de la razón normal

El método de la razón normal (Guevara, 2003) usa estaciones auxiliares con información en cercanías de la estación con información faltante. Se aplica la ecuación que indica el método, tal como se ve a continuación:

Ecuación 1-3 Método de la razón normal

$$V_x = \frac{1}{n}\left[\left(\frac{N_x}{N_1}\right) \times V_1 + \left(\frac{N_x}{N_2}\right) \times V_2 + \cdots + \left(\frac{N_x}{N_n}\right) \times V_n\right]$$

Donde:

V_x: variable climática de interés en la estación climática con dato faltante.
V_1 a V_n: valor de variable climática en las estaciones con registros.
n: número de estaciones climáticas con registros disponibles.
N_x: valor medio anual de la estación con dato faltante.
N_1 a N_n: valor medio anual de las estaciones con registros disponibles.

1.5.3.1.6.3.2.1.5 Análisis de homogeneidad

Para asumir que una serie de datos es homogénea, es necesario tener la seguridad de que las variaciones existentes se deben únicamente a la propia variabilidad de la dinámica natural del

elemento medido y que no existe ninguna influencia humana o instrumental que la altere (Meseguer-Ruiz & Sarricolea, 2017).

Para las estaciones seleccionadas se utilizó el método de doble masa. El cual se describe a continuación:

El método de doble masa consiste en construir una curva doble acumulativa, en la cual son relacionados los totales anuales acumulados de precipitación de un determinado lugar y la media acumulada de los totales anuales de todas las estaciones de la región, considerada climatológica e hidrológicamente homogénea desde el punto de vista de datos (Monsalve G. , 1995).

1.5.3.1.6.3.2.1.6 Análisis de tendencia de datos

Se hizo el análisis de la tendencia de los datos. Para esto se empleó la prueba no paramétrica Mann-Kendall en el software de uso libre PAST (Hammer, Harper, & Ryan, PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis, 2001), esta prueba se describe a continuación con base en el manual de referencia del software (Hammer, PAST. PAleontological STatistics. Version 4.14. Reference Manual 1999-2023, 2023).

La prueba Mann-Kendall utiliza una columna de datos, los valores faltantes se eliminan y la cantidad de datos (n) se ajusta, el procedimiento sigue a (Gilbert, 1987).

Se asume que los datos $X_1,\dots X_n$ están ordenados en secuencia temporal de registro o en una secuencia espacial. Se define el signo con la función:

Ecuación 1-4 Función signo

$$sgn\, x = \begin{cases} -1, si\ x < 0 \\ 0, si\ x = 0 \\ 1, si\ x > 0 \end{cases}$$

El estadístico S se calcula como la sumatoria de todos los pares de valores:

Ecuación 1-5 Cálculo del estadístico $\boldsymbol{S}$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sgn(X_j - X_i)$$

S será negativo para una tendencia negativa, cero si no hay tendencia, y positivo para una tendencia de aumento.

Para $n \leq 10$ el valor de p se toma de una tabla de valores exactos (Gilbert, 1987). Para $n > 10$, se emplea una aproximación normal, de la siguiente manera:

Se determina el número total de grupos de vínculos g y el número de valores vinculados t_j dentro de cada grupo, en la secuencia ordenada. Luego se estima la desviación estándar mediante la ecuación:

Ecuación 1-6 Cálculo de la desviación estándar $\boldsymbol{SD}$

$$\mathrm{SD} = \sqrt{\frac{1}{18}\left[n(n-1)(2n+5) - \sum t_j(t_j-1)(2t_j+5)\right]}$$

El estadístico Z es:

Ecuación 1-7 Cálculo del estadístico Z

$$Z = \frac{|S| - 1}{SD} sgn\ S$$

Z se utiliza para calcular p de la distribución normal acumulada como de costumbre. La sustracción del 1 es una corrección de continuidad.

1.5.3.1.6.3.2.1.7 Análisis espacio temporal

En cuanto al análisis espacial, Para la construcción de los campos espaciales de las variables climáticas se usó la interpolación mediante distancia inversa ponderada (IDW), esta determina los valores de celda o a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. La superficie que se interpola debe ser la de una variable dependiente de la ubicación. Esta interpolación se realizó mediante el programa QGis (de licencia libre) para las variables de temperatura y precipitación, con la finalidad de generar los mapas de isotermas e isoyetas a partir de los promedios mensuales multianuales, los cuales son variables de entrada para la definición de zonificación climática.

$$P_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{P_i}{d_i^2}\right)}{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{1}{d_i^2}\right)}$$

Donde:

P_p: Valor de punto evaluado
P_i: Valor de punto de referencia
d_i: Distancia de punto de referencia al punto evaluado

En el caso del análisis temporal Para cada una de las variables se desarrollaron los diagramas de caja o bigotes, que son una forma de representar datos divididos en cuatro cuartiles, cada uno con igual cantidad de valores; con el fin de analizar la asimetría en los datos y mostrar visualmente tendencias, asimismo se elaboraron gráficas medias multianuales a escala mensual en forma de barras y líneas donde los datos disponibles se agrupan de acuerdo con su magnitud.

1.5.3.1.6.3.3 Análisis de eventos macroclimáticos

El fenómeno más influyente en el régimen de precipitaciones del territorio nacional es el fenómeno de interacción océano – atmósfera de El Niño- Oscilación del Sur (ENOS), constituyéndose como el principal factor de variabilidad interanual del campo de lluvias en Colombia (Pabón & Montealegre, 2000). Para estudiar las fluctuaciones del ENOS, se cuenta con varios índices de medición como el índice de oscilación del sur (SOI), índice ENSO multivariado y el índice Oceánico de El Niño (ONI) siendo este último uno de los más importantes, el cual se define como la anomalía de la temperatura superficial del mar en la región 3.4, y cuyo período de referencia para la estimación del valor medio de la TSM es 1971-2000. Valores negativos del ONI indican episodios de La Niña y viceversa (Laing & Evans, 2011). Así mismo el SOI es calculado a partir de la diferencia entre la presión atmosférica estandarizada, medida al nivel del mar, entre Tahití y Darwin.

La información de los índices SOI y ONI se adquirió de la página oficial de la administración nacional oceánica y atmosférica de los Estados Unidos de América (NOAA por sus siglas en ingles), la cual se correlacionó con las anomalías estandarizadas calculadas para cada una de las cuencas hidrográficas analizadas.

En caso de encontrar correlación de las variables climatológicas de las cuencas hidrográficas en estudio con los índices ENSO, se realizarían los análisis hidrológicos para año seco, normal y húmedo, por el contrario, si no se encuentra correlación con dicho evento no existiría razón del análisis discriminado.

1.5.3.1.6.3.4 Series sintéticas de las cuencas hidrográficas

Una vez se contó con las series de precipitación y temperatura completa, consistente y homogénea de las estaciones asociadas a las cuencas de interés, fue necesario calcular una única serie. Para el caso de la precipitación se realizó a partir de la influencia de las estaciones calculada a partir de los polígonos de Thiessen. Las series de temperatura se calcularon a partir del gradiente de elevación, identificando la altura del centroide de la cuenca.

1.5.3.1.6.3.5 Cálculo de la evapotranspiración potencial y real

Para determinar el comportamiento de la evapotranspiración potencial, es decir la máxima cantidad de agua que puede evapotranspirarse en condiciones óptimas de cobertura vegetal y disponibilidad de humedad, se usaron los métodos de Hargreaves y Thornthwaite. Se usaron dos métodos de evapotranspiración potencial para identificar el mejor de los dos, el que más se ajuste a la realidad del territorio.

El cálculo de evapotranspiración con la ecuación de Thornthwaite (Chow, Maidment, & Mays, 1988) se aplicó de la siguiente manera.

Se determina el índice de calor mensual (i) a partir de la temperatura media mensual (t):

$$\mathrm{i} = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Luego se calcula el índice de calor Anual (I) sumando los 12 valores de i:

$$\mathrm{I} = \sum i$$

Se calcula el factor a:

$$a = 675 * 10^{-9} * I^3 - 771 * 10^{-7} * I^2 + 1792 * 10^{-5} * I + 0.49239$$

Se sigue con la estimación de la evapotranspiración mensual “sin corregir” mediante la fórmula:

$$ETP(sin\ Corregir) = 16\left(\frac{10 * t}{I}\right)^{a}$$

Y por último se hace la corrección para el número de días del mes y el número de horas de sol.

$$ETP = ETP(Sin\ corregir) * \frac{N}{12} * \frac{D}{30}$$

Donde:

$ETP(sin\ Corregir)$: Evapotranspiración potencial a nivel mensual en mm/mes, para meses de 30 días y 12 horas de sol teóricas.

t : Temperatura Media Mensual °C.
I : Índice de Calor Anual.
ETP: Evapotranspiración Corregida.
N : Número máximo de horas de sol, depende del mes y de la Latitud.
D: Número de días del mes.

El cálculo de evapotranspiración potencial con la fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) se hace mediante la expresión general siguiente:

$$ET_0 = 0.0135(t_{med} + 17.78)R_s$$

Donde:

$$ET_0 = evapotranspiración\ potencial\ diaria, \frac{mm}{dia}$$
$$t_{med} = temperatura\ media, °C$$
$$R_s = radiación\ solar\ incidente, expresada\ en\ mm/dia$$

La radiación solar incidente R_s se determina a partir de la radiación solar extraterrestre R_0, la cual se obtiene de las tablas diseñadas en función de la latitud del centroide de la cuenca y del respectivo mes. La expresión para el cálculo de la R_s fue propuesta por Samani (2000) y se presenta a continuación:

$$R_s = R_0 * KT * (t_{max} - t_{min})^{0.5}$$

Donde:

$$R_s = Radiacion\ Solar\ Indicente, mm/dia$$
$$KT = Coeficiente\ empirico$$
$$t_{max} = temperatura\ maxima, °C$$
$$t_{min} = temperatura\ minima, °C$$

Hargreaves recomienda coeficientes $KT = 0.162$ para regiones al interior del continente y $KT = 0.19$ para regiones costeras.

A partir de las ecuaciones enunciadas con anterioridad y usando un coeficiente empírico medio $KT = 0.17$, se encuentra la expresión simplificada de Hargreaves.

$$ET_0 = 0.0023 * (t_{med} + 17.78) * R_0 * (t_{max} - t_{min})^{0.5}$$

Donde:

$$ET_0 = Evaporación\ potencial\ diaria, mm/dia$$
$$R_0 = Radiacion\ Solar\ Extraterrestre, en\ mm/dia$$
$$t_{max} = temperatura\ maxima, °C$$
$$t_{min} = temperatura\ minima, °C$$

Por otro lado, la evapotranspiración potencial calculada con la ecuación Thorntwaite y Hargreaves se transforma en evapotranspiración real a través de la ecuación de Budyko.
El método Budyko para el cálculo de la evapotranspiración real, consiste en la siguiente expresión:

$$\text{ETR} = \sqrt{\left[\left(ETP \times P \times Tanh\left(\frac{P}{ETP}\right)\right) \times \left(1 - Cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) + Senh\left(\frac{ETP}{P}\right)\right)\right]}$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real mensual, mm
ETP: Evapotranspiración potencial, mm
P: Precipitación total mensual, mm

1.5.3.1.6.3.6 Dinámica fluvial

Para el análisis de dinámica fluvial se realizó el procesamiento de imágenes satelitales y/o aerofotografías de cinco temporalidades que dan cuenca de la variación temporal y espacial de los cauces de las corrientes principales más relevantes del área de influencia del área de desarrollo Bucare: río Guayuriba, río Acacías, río Tocaría, caño Chichimene y caño La Unió. Las temporalidades analizadas son las que se presentan en la **Tabla 1-58.**

Tabla 1-58 Clasificación de las cuencas en función del área

PROYECTO FUENTE	SENSOR	RESOLUCIÓN	AÑO	CUBRIMIENTO	EVENTO ENSO
50K	Aerofotografías	-	1997	TOTAL	El Niño segundo semestre de 1997
Apiay	Ortofotomosaico	0,3 m	2009	PARCIAL 85%	La Niña hasta abril de 2009
CPO9	Ortofotomosaico	0,6 m	2012	PARICAL 70%	La Niña hasta marzo de 2012
Zocay	Sentinel	5 m	2012	PARCIAL 85%	La Niña hasta marzo de 2012
Bucare	SPOT	1,5 m	2016	TOTAL	El Niño hasta febrero de 2016
Bucare	Jilin 1	0,5 m	2023	TOTAL	Neutro

Fuente: SGI S.A.S., 2025

1.5.3.1.6.3.7 Susceptibilidad a la inundación

Este análisis se llevó a cabo siguiendo la Guía Metodológica para la elaboración de mapas de inundación del IDEAM. Por otra parte, el ejercicio se complementó utilizando las variables cobertura de la tierra y suelos, que le imprime los matices que aporta la condición actual del terreno a la dinámica de las inundaciones. Esto es relevante porque las unidades geomorfológicas se pueden ver como un registro histórico de las fuerzas de la naturaleza que han moldeado el territorio, pero hay algunos rasgos actuales tales como el manejo del terreno por cultivos que pueden ser aportados por el uso de las coberturas de la tierra.

La susceptibilidad se calculó como un álgebra de capas que suman los pesos de cada variable, la expresión usada es la siguiente:

$$SUS_INUND = SUS_COB + SUC_GEO + SUS_SUEL$$

Donde:

- SUS_INUND: susceptibilidad a la inundación.
- SUS_COB: susceptibilidad por cobertura de la tierra.
- SUS_GEO: susceptibilidad por geomorfología.
- SUS_SUEL: susceptibilidad por unidad de suelo.

Por otra parte, el análisis de inundaciones se complementó con el análisis de imágenes Sentinel de 2022 y 2024 de las temporalidades abril y octubre que corresponden a los meses de mayores precipitaciones y caudales.

1.5.3.1.6.3.8 Análisis morfométrico

En el marco de la modelación hidrológica de cuencas hidrográficas que no están instrumentadas es necesario buscar aquellas hoyas que, si lo están, con el objetivo de conocer su comportamiento y

transponerlo a la cuenca de interés, por esto, la cuenca instrumentada debe ser lo más similar posible a la no instrumentada.

El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve, y drenaje, a través del cual se puede identificar la homogeneidad hidrológica entre distintas cuencas.

1.5.3.1.6.3.8.1 Área de drenaje

Es el área de la cuenca se define como la superficie encerrada por la línea divisoria y corresponde al área portante de la cuenca. Este parámetro es quizás el más importante ya que influye directamente en la cantidad de agua que la cuenca puede almacenar y consecuentemente en la magnitud de los caudales.

La descripción de este parámetro morfométrico se presenta en la **Tabla 1-59**.

Tabla 1-59 Clasificación de las cuencas en función del área

ÁREA [km^2]	CLASIFICACIÓN
> 50000	Grande
1000 - 50000	Mediana
10 - 1000	Pequeña
< 10	Microcuenca

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

1.5.3.1.6.3.8.2 Longitud del cauce principal

Es la distancia medida desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio donde se ubicará la obra de intervención o a su desembocadura.

1.5.3.1.6.3.8.3 Perímetro

El perímetro se define como la longitud del límite exterior o línea divisoria de la cuenca. Este es uno de los parámetros que permite inferir características hidro morfológicas de la cuenca y se mide en kilómetros (Km).

1.5.3.1.6.3.8.4 Pendiente de la corriente

La pendiente de la cuenca controla la velocidad de la escorrentía superficial y por tanto afecta directamente el tiempo de concentración de la cuenca. Este parámetro a su vez influye en el comportamiento sobre el transporte de sedimentos; indica la variación de la inclinación de la cuenca.

$$S_m = \frac{D * L}{A}$$

Dónde:

D: diferencia de altitud entre curvas de nivel en km
L: Longitud total de las curvas de nivel en km
A: Área total de la cuenta

Este parámetro morfométrico, será clasificado a partir de la propuesta realizada por el (Ministerio de Ambiente, 2014), como se muestra en la **Tabla 1-60**.

Tabla 1-60 Clasificación de las cuencas según pendiente del cauce

PENDIENTE [%]	CLASIFICACIÓN
25-50	Escarpada
12-25	Montañosa
3-12	Ondulada
0-3	Plana

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

1.5.3.1.6.3.8.5 Índice de compacidad (K_c)

El índice de compacidad, también es conocido como índice de Gravelius, permite establecer la forma de la cuenca, siendo cuencas con tendencia circular las que se acercan a uno (1) y cuencas alargadas las que presentan valores por encima de dos (2). Un índice mayor o igual a uno (1), tendrá mayores posibilidades de producir crecientes con mayores picos (caudales), lo cual quiere decir que entre más bajo sea el "Kc", mayor será la concentración de agua, y entre más se aleje de la unidad, la cuenca será más alargada (Corpochivor, 2017).

$$K_C = (0{,}28) * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

A: área en km^2

P: Perímetro de la cuenca (km)

K_c: corresponde al índice de compacidad o índice de Gravelius

La clasificación del índice de compacidad (K_c) se presenta en la **Tabla 1-61**.

Tabla 1-61 Clasificación de las cuencas según el índice de compacidad K_c

RANGO DE K_c	CLASIFICACIÓN
1-1,25	Casi redonda a oval redonda
1,25-1,50	De oval redonda a oval oblonga
1,50-1,75	De oval oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Rectangular

Fuente: (FAO, 1985).

1.5.3.1.6.3.8.6 Índice de forma (K_f)

El índice de forma o también conocido como factor forma muestra que las cuencas no son similares en forma. A medida que el área aumenta, su relación área por longitud al cuadrado (A $/l_a{}^{2)}$ disminuye, esto quiere decir que tiene una tendencia al alargamiento en cuencas grandes. La forma de la cuenca afecta los hidrogramas de caudales máximos, por lo que se han hecho numerosos esfuerzos para tratar de cuantificar este efecto por medio de un valor numérico (Jardí, 1985).

$$\mathrm{Kf} = \frac{A}{l_a^2}$$

Donde:

A: área en km^2

L: longitud axial de la cuenca [km].

El escurrimiento resultante de una lluvia sobre una cuenca de forma alargada, no se concentra tan rápidamente como en una cuenca de forma redonda; además, una cuenca con un factor de forma bajo (forma alargada) es menos propensa a tener una lluvia intensa simultáneamente sobre toda su superficie que un área de igual tamaño con un factor de forma mayor. Según el resultado del factor se pueden obtener tres tipos de cuenca (ver **Tabla 1-62**) y este resultado nos indica si el tipo de tendencia a ocurrencia de avenidas torrenciales.

Tabla 1-62 Clasificación de las cuencas según el índice de forma K_f

RANGO DE K_f	CLASIFICACIÓN
0,01-0,18	Muy poco achatada
0,19-0,36	Ligeramente achatada
0,37-0,54	Moderadamente achatada

Fuente: (FAO, 1985).

1.5.3.1.6.3.8.7 Índice de sinuosidad (S_s)

Este índice está relacionado con la velocidad de la escorrentía del agua a lo largo de la corriente. y se define como la relación entre la longitud del río principal medida a lo largo de su cauce (L_c) y la longitud del valle principal medida en línea curva o recta (L_r) (Monsalve G. , 2014).

$$Ss = \frac{Lc}{Lr}$$

A partir de esta definición se clasifican los cauces principales de las unidades hidrográficas presentada por (Leopold, Wolman, & Miler, 1964) cuando el valor de S es ≤ 1.25 indica una baja sinuosidad, es decir es un rio con alineamiento recto. La clasificación del índice de sinuosidad se presenta en la **Tabla 1-63**.

Tabla 1-63 Clasificación de las cuencas según el índice de sinuosidad S_s

RANGO DE S_S	CLASIFICACIÓN
1.0	Recto
S_s > 1.5	Ligeramente achatada

Fuente: (Leopold, Wolman, & Miler, 1964).

Adicional a la definición de sinuosidad presentada por (Leopold, Wolman, & Miler, 1964), el presente estudio vio relevante agregar las categorías presentadas por (Schuum, 1956) (ver **Tabla 1-64**) y (Morisawa, 1985) (ver **Tabla 1-65**), debido a una mayor disgregación del índice de sinuosidad.

Tabla 1-64 Clasificación de las cuencas según el índice de sinuosidad S_s-Schuum

RANGO DE S_S-SCHUUM	CLASIFICACIÓN
1-1.2	Canal rectilíneo
1.2-1.5	Canal transicional
1.5-1.7	Canal regular
1.7-2.1	Canal irregular
>2.1	Canal tortuoso

Fuente: (Schuum, 1956).

Tabla 1-65 Clasificación de las cuencas según el índice de sinuosidad S_s-Morisawa

RANGO DE S_s-MORISAWA	CLASIFICACIÓN
<1.05	Canal rectilíneo
1.05-1.50	Canal Sinuoso
>1.5	Canal Meadrizante
>1.8	Canal Entrelazado
>2	Canal Anastomosado

Fuente: (Morisawa, 1985).

1.5.3.1.6.3.8.8 Densidad de drenaje

La densidad de drenaje es la relación de la sumatoria de la longitud de todos los ríos o cuerpos de agua, sobre la superficie de la cuenca. Los valores altos de densidad de drenaje reflejan generalmente áreas con suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables, con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal. Las densidades de drenajes bajas ocurren en sitios donde los materiales del suelo son resistentes a la erosión o muy permeables y pendientes bajas (Jiménez E. Henry, 1986).

$$D_d = \frac{Lc}{A}$$

Donde:

Lc: Suma de Longitud de los drenajes km

A: Área total de la cuenca km^2

La caracterización de los drenajes del área de influencia se realiza como se muestra en **Tabla 1-66**.

Tabla 1-66 Clasificación de las cuencas según la densidad de drenaje

D_d	CLASIFICACIÓN
<0.5	Cuenca pobremente drenada
0.5 – 3.5	Bien drenada
≥3.5	Red de drenaje eficiente

Fuente: (Jiménez E. Henry, 1986).

1.5.3.1.6.3.8.9 Tiempo de concentración

Tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca.

Las expresiones más utilizadas para la determinación del tiempo de concentración son las de Kirpich, U.S. Corps of Engineers y Chow.

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

$$L = Longitud\ total\ del\ cauce\ principal\ en\ Kilometros$$

$$S = Pendiente\ media\ del\ cauce\ en\ \left(\frac{m}{m}\right)$$

Calculados los parámetros morfométricos anteriormente presentados para la cuenca instrumentada y no instrumentada estos fueron comparados. En caso de no encontrarse homogeneidad en los resultados se debía seleccionar otra cuenca pivote que, si lo fuera, por el contrario, al encontrarse homogenizad de los parámetros se podría inferir una respuesta similar de las cuencas a eventos de precipitación, por lo que transponer los valores calibrados a la cuenca no instrumentada sería lo ideal.

1.5.3.1.6.3.9 Modelo lluvia-escorrentía: GR4j

El modelo GR4J es un modelo lluvia-escorrentía agregado, de 4 parámetros y resolución diaria (Perrin et al, 2003). En la **Figura 1-79** se presenta el esquema metodológico del modelo.

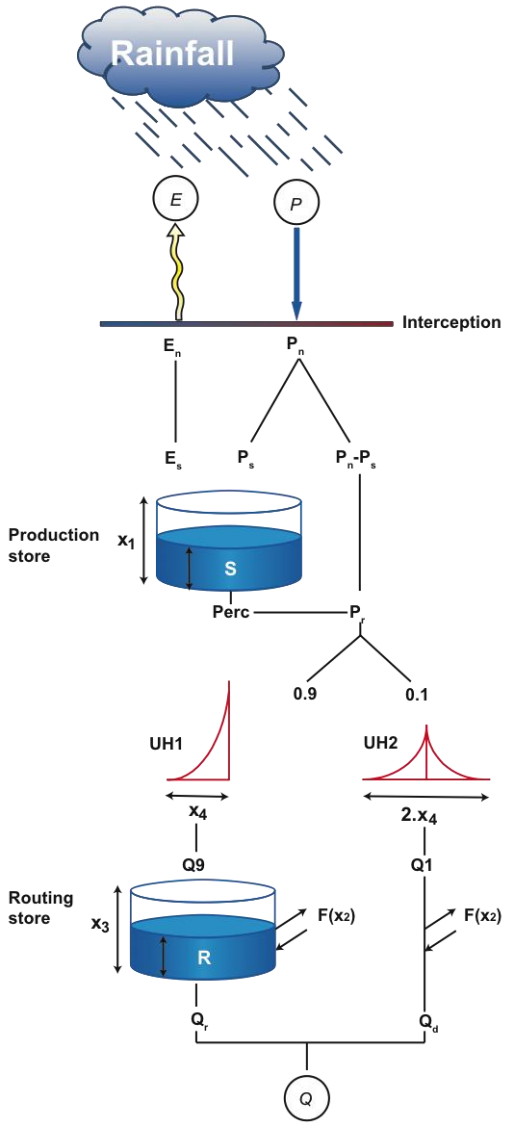


Figura 1-79 Esquema modelo hidrológico GR4j
Fuente: (eWater, 2018)

Las entradas del modelo son la precipitación y la evapotranspiración denotadas como P y T, respectivamente. Los parámetros del modelo corresponden a los presentados en la **Tabla 1-67**.

Tabla 1-67 Parámetros del modelo GR4j

PARÁMETROS DEL MODELO	CLASIFICACIÓN
$X_1\,(mm)$	Capacidad máxima del tanque de producción
$X_2\,(mm)$	Coeficiente de intercambio de aguas subterráneas
$X_3\,(mm)$	Capacidad máxima para el tránsito en canales
$X_4\,(dias)$	Tiempo base del hidrograma unitario UH1

Fuente: (Carvajal & Roldán, 2006).

A continuación, se presenta la descripción del modelo GR4j realizada por (Carvajal & Roldán, 2006)

i. Determinación de la precipitación y evapotranspiración potencial neta

La primera operación consiste en restar la evapotranspiración potencial de la precipitación, con el fin de determinar una precipitación neta P_n o una capacidad de evapotranspiración E_n. En el modelo GR4J, esta operación es calculada como si la capacidad de intercepción fuera cero:

$$Si\ P \geq E, entonces\ P_n = P - E\ y\ E_n = 0$$
$$Si\ P < E, entonces\ P_n = 0\ y\ E_n = E - P$$

ii. Almacenamiento de producción

En el caso en que P_n no es cero, una parte P_s de P_n, entra al tanque de producción:

$$P_s = \frac{X_1\left(1 - \left(\frac{S}{X_1}\right)^2\right) tanh\ tanh\ \left(\frac{P_n}{X_1}\right)}{1 + \frac{S}{X_1} tanh\ tanh\ \left(\frac{P_n}{X_1}\right)}$$

P_s es determinada como una función del nivel S en el tanque, donde X_1 (mm) es la máxima capacidad del tanque de producción.

Cuando E_n no es cero, una tasa real de evaporación es determinada como una función del nivel en el almacenamiento de producción con el fin de calcular la cantidad E_s de agua que se evaporará del tanque.

$$E_s = \frac{S\left(2 - \frac{S}{X_1}\right) tanh\ tanh\ \left(\frac{E_n}{X_1}\right)}{1 + \left(1 - \frac{S}{X_1}\right) tanh\ tanh\ \left(\frac{E_n}{X_1}\right)}$$

De esta forma, el contenido de agua en el tanque de producción se actualiza como:

$$S = S - E_s + P_s$$

Es importante resaltar que S nunca puede exceder a X_1 Una cantidad $Perc$ se escapa como percolación del almacenamiento de producción. Este valor se calcula de la siguiente manera:

$$Perc = S\left(1 - \left[1 + \left(\frac{4S}{9X_1}\right)\right]^4\right)^{-\frac{1}{4}}$$

De la expresión anterior se concluye que la percolación no contribuye mucho al caudal, por esta razón es importante principalmente para la simulación de eventos mínimos. El valor de $Perc$ es siempre menor que S. El nuevo nivel en el tanque queda definido como:

$$S = S - Perc$$

iii. Distribución lineal con hidrógrafas unitarias.

La cantidad total de agua P_r que alcanza las funciones de distribución está dada por:

$$P_r = Perc + (P_n - P_s)$$

El valor de P_r se divide en dos componentes de flujo: el 90% de P_r se distribuye por medio de una hidrógrafa unitaria $UH1$ y luego por un tanque de distribución no lineal. El 10% restante de P_r es distribuido por medio de una hidrógrafa unitaria $UH2$. Con $UH1$ y $UH2$, se puede simular el tiempo de rezago entre el evento de lluvia y el caudal pico resultante. Las ordenadas de ambas hidrógrafas son usadas en el modelo para distribuir la lluvia efectiva sobre varios intervalos de tiempo sucesivos. $UH1$ y $UH1$ dependen del mismo parámetro x4 expresado en días, sin embargo, $UH1$ tiene un tiempo base de x4 días, mientras que $UH2$ tiene un tiempo base de 2x4 días. El parámetro X_4 puede tomar valores reales y debe ser mayor de 0.5 días. En su forma discreta, las hidrógrafas unitarias $UH1$ y $UH2$ tienen n y m ordenadas respectivamente, donde n y m son los enteros más pequeños que exceden X_4 y 2x4 respectivamente. Las ordenadas de ambas hidrógrafas se derivan de las curvas-S correspondientes (proporción acumulada de la entrada con el tiempo) denotadas por $SH1$ y $SH2$ respectivamente. $SH1$ está definida a lo largo del intervalo de tiempo t de la siguiente forma:

$$Para\ t \leq 0, SH1(t) = 0$$
$$Para 0 < t < X_4, SH1(t) = \left(\frac{t}{X_4}\right)^{\frac{5}{2}}$$
$$Para\ t \geq X_4, SH1(t) = 1$$

$SH2$ se define similarmente

$$Para\ t \leq 0, SH2(t) = 0$$
$$Para\ 0 < t < X_4, SH2(t) = \frac{1}{2}\left(\frac{t}{X_4}\right)^{\frac{5}{2}}$$
$$Para\ X_4 < t < 2X_4, SH2(t) = 1 - \frac{1}{2}\left(2 - \frac{t}{X_4}\right)^{\frac{5}{2}}$$
$$Para\ t \geq 2X_4, SH2(t) = 1$$

Finalmente, las ordenadas de $UH1$ y $UH2$ se calculan como:

$$UH1(j) = SH1(j) - SH1(j-1)$$
$$UH2(j) = SH2(j) - SH2(j-1)$$

Donde j es un entero.

iv. Intercambio de Agua en la cuenca

Posteriormente se calcula un término F que actúa en ambas componentes de flujo, el cual indica el intercambio de agua subterránea:

$$F = X_2\left(\frac{R}{X_3}\right)^{\frac{7}{2}}$$

R es el nivel en el tanque de distribución, X_3 es la capacidad de referencia y X_2 es el coeficiente de intercambio. El parámetro X_2 puede ser positivo en el caso en que se importa agua, negativo en el caso en que hay pérdidas, o cero cuando no hay intercambio de agua. Entre más alto el nivel en el tanque de distribución mayor es el intercambio. En valor absoluto, F no puede ser mayor que X_2, puesto que el coeficiente de intercambio representa la máxima cantidad de agua que puede ser adicionada (o liberada) a (de) cada componente de flujo, cuando el nivel en el tanque de distribución es igual a X_3.

v. Almacenamiento de distribución no lineal

El valor de R se actualiza adicionando el término F y la salida $Q9$ proveniente de $UH1$:

$$R = max\ (0; R + Q9 + F)$$

El caudal de salida del tanque, Q_r , se calcula entonces como:

$$Q_r = R\left(1 - \left[1 + \left(\frac{R}{X_3}\right)^4\right]^{-\frac{1}{4}}\right)$$

Q_r Siempre es menor que R. El nuevo nivel en el almacenamiento es:

$$R = R - Q_r$$

Aunque al comienzo de un intervalo de tiempo el tanque puede recibir una cantidad de agua mayor que el déficit de saturación $X_3 - R$, el nivel en el tanque nunca puede exceder la capacidad X_3 al final del intervalo de tiempo. Por esta razón, la capacidad X_3 es llamada la capacidad máxima diaria. Este tanque de distribución está en la capacidad de simular recesiones cuando sea necesario.

vi. Caudal total

La salida Q1 proveniente de $UH2$, también está sujeta al intercambio de agua F, de esta forma la componente Q_d queda definida de la siguiente forma:

$$Q_d = max(0; Q1 + F)$$

Finalmente, caudal total se calcula como:

$$Q = Q_r + Q_d$$

El modelo GR4j se realizó a través del programa computacional R Project, utilizando la librería elaborada por el Irstea en Francia.

1.5.3.1.6.3.9.1 Calibración

Entre las metodologías de calibración, una de las más utilizadas es la denominada GLUE. Es un método estadístico de calibración global, de búsqueda aleatoria, descrito por (Beven & Binley, 1992), el cual se basa en el concepto de la equifinalidad de los modelos, es decir, que no existen unos valores óptimos de los parámetros, sino un conjunto de soluciones óptimas. A partir de simulaciones aleatorias de Montecarlo, prueba diferentes combinaciones posibles dentro de un rango de posibles valores que puede tomar cada parámetro. A partir de la optimización de una o más funciones objetivo FO, se elige la mejor combinación de parámetros evaluados.

Los rangos son elegidos por el modelador y con una función de probabilidad uniforme se prueban *n* combinaciones de parámetros posibles dentro de dichos rangos. Al probar cada conjunto de parámetros aleatorios, se evalúan las salidas del modelo por medio de una función objetivo, también definida por el modelador, y define como óptimos la combinación de parámetros que minimicen o maximicen la función objetivo, según sea el caso. Tiene la desventaja de que debe probar todas las combinaciones posibles, independientemente si encuentra el conjunto óptimo en las primeras o ultimas iteraciones. Según (Singh, 1995) el proceso de calibración consta de los siguientes pasos:

i. **Definición de la función Objetivo:** Es una ecuación que se emplea para calcular una medida numérica de la diferencia entre los resultados del modelo simulado (generalmente el hidrograma de escorrentía) y los registrados en la cuenca de estudio. El propósito de la calibración del modelo es, encontrar los valores de los parámetros que optimizan (valores máximos o mínimos) el valor numérico de la función objetivo (Singh, 1995).

   Para el desarrollo del presente estudio se utilizó la función objetivo Kling-Gupta Modificada elaborada por (Gupta, Kling, Yilmaz, & Martinez, 2009), esta función corresponde a una mejora del criterio de eficiencia de Nash-Suctliffe (NSE), donde los componentes de correlación, desviación y variabilidad están ponderados de manera equitativa, resolviendo problemas sistemáticos de subestimación en los valores máximos y de poca variabilidad. El $KGE2$ o KGE modificado varía desde $-\infty$ hasta 1, donde el mejor ajuste se da en este último valor. Para calcular el $KGE2$ se utiliza la siguiente expresión:

$$KGE2 = 1 - \sqrt{(r-1)^2 + (\beta_{KGE2} - 1)^2 + (\gamma_{KGE2} - 1)^2}$$

   Donde

$$\gamma_{KGE2} = \frac{\frac{\sigma(Qsim)}{\mu(Qsim)}}{\frac{\sigma(Qsim)}{\mu(Qobs)}}$$

$$Bias\ o\ \beta_{KGE2} = \frac{\mu(Qsim)}{\mu(Qobs)}$$

$$r = \frac{\sum_{t=1}^{n} \quad (Qobs(t) - \mu(Qobs))(Qsim(t) - \mu(Qsim))}{\sigma(Qsim)\sigma(Qobs)}$$

   Siendo γ_{KGE2} el radio de coeficiente de variación, $Bias\ o\ \beta_{KGE2}$ el radio de las medias del dato observado versus el simulado y r es el coeficiente de correlación lineal o coeficiente de Pearson.

   En (Thirel, Andreassian, & Perrin, 2015) se pueden encontrar otras funciones objetivo o criterios de eficiencia aplicables a la modelación hidrológica.

ii. **Optimización del Algoritmo:** El propósito es limitar el rango de valores que pueden tomar los parámetros, encontrar los valores apropiados máximos y/o mínimos de estos parámetros y de esta manera mejorar la confiabilidad de los resultados. Dentro de los métodos de búsqueda se encuentran locales y globales; los primeros tienen como propósito encontrar los valores mínimos de la función objetivo y a su vez se dividen en métodos de búsqueda directos y gradientes; mientras que los segundos diseñan eficientemente modelos para encontrar el valor mínimo de las funciones multimodales, las estrategias empleadas se basan en los siguientes criterios: criterio determinístico, criterio estocástico y/o una combinación de los dos determinístico y estocástico. Pero en la calibración de modelos

hidrológicos no lineales, únicamente existen estudios realizados mediante el criterio estocástico y/o combinación de los dos.

iii. **Criterio de finalización:** El criterio de finalización que establecido fue un número máximo de 10000 iteraciones que se pueden realizar, por lo tanto, si este número de iteraciones se excede el programa finaliza, a menos que el parámetro o la función de convergencia se encuentren primero. Para un método de búsqueda aleatorio, es normal emplear este criterio de finalización, y es el que se emplea en el presente trabajo.

iv. **Calibración de los datos:** Es muy importante tener en cuenta la cantidad y calidad de los datos, ya que afecta directamente los resultados obtenidos. Dependiendo de estas condiciones se puede analizar la sensibilidad de los parámetros; los posibles errores en el proceso de obtención de información disminuyen la confiabilidad de los parámetros estimados.

v. **Proceso de Validación:** Este proceso consiste en examinar el rendimiento de una parte de los datos que no se van a calibrar. En el presente trabajo se validó con una parte de la serie de tiempo.

vi. **Análisis de Sensibilidad e incertidumbre:** El análisis de sensibilidad consiste en observar si un cambio en el valor del parámetro afecta con gran importancia el resultado, para este caso se dice que existe sensibilidad en los parámetros; pero si el valor del parámetro no afecta el resultado se dice que no existe sensibilidad. Con los resultados obtenidos en la simulación de Montecarlo, se graficaron los valores de cada parámetro versus el valor obtenido de la función objetivo y así determinar que parámetros son identificables.

1.5.3.1.6.3.9.2 Trasposición de parámetros

Una vez calibrado y validado el modelo GR4j para la cuenca instrumentada se procedió a realizar la transposición de los parámetros a la cuenca no instrumentada, para esto fue necesario adecuarlos según las características morfométricas y taxonómicas, es decir de sus características pedológicas.

1.5.3.1.6.3.9.3 Validación del modelo en la cuenca no instrumentada

Se utiliza el balance hídrico de largo plazo para calcular el caudal medio de las cuencas y a partir de este validar el caudal medio estimado mediante los modelos precipitación-escorrentía.

1.5.3.1.6.3.9.4 Separación de flujo base

Obtenida la serie de caudales medios diarios para las cuencas delimitadas en el área de influencia fisicobiótica, se determinó el flujo base a partir de la metodología de separación de filtros recursivos propuesta por (Lyne & Hollick, 1979), a través de la siguiente ecuación:

$$q_{d(t)} = \beta q_{d(t-1)} + \frac{(1+\beta)}{2}(Q_t - Q_{t-1})$$

Donde:

$q_{d(t)}$ es el caudal de escorrentía directa superficial
Q_t es el caudal medido en la estación de aforo
β es el parámetro de filtro estimado en 0.925

1.5.3.1.6.3.10 Caudales característicos

Los caudales característicos mínimos, medios y máximos, se calcularon para las cuencas hidrográficas delimitadas en el área de influencia fisicobiótica. Puesto que los caudales calculados a

partir del modelo GR4j se reportan en altura de lámina por día, el caudal en m³/s para cada uno los sitios mencionados se calcularon a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_{sitio} = \frac{Q_{sim}}{1000} * \frac{A_{sitio}}{86400}$$

Donde Q_{sitio} es el caudal en m³/s para cada sitio de cálculo de caudal
Q_{sim} es el caudal simulado para la cuenca de interés en mm/día
A_{sitio} es el área aferente al sitio de calculo

1.5.3.1.6.3.11 Caudales ambientales hidrológicos

Se utiliza una metodología presentada en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2015). El caudal ambiental es aquella parte de la oferta hídrica total, destinada a mantener y conservar los ecosistemas fluviales y las necesidades de los usuarios aguas abajo, con respecto a punto dado (IDEAM, 2015). El cálculo es basado en la curva de duración de caudal (CDC) y el índice de retención y regulación hídrica (IRH). El algoritmo de la metodología se presenta en la **Figura 1-80**.

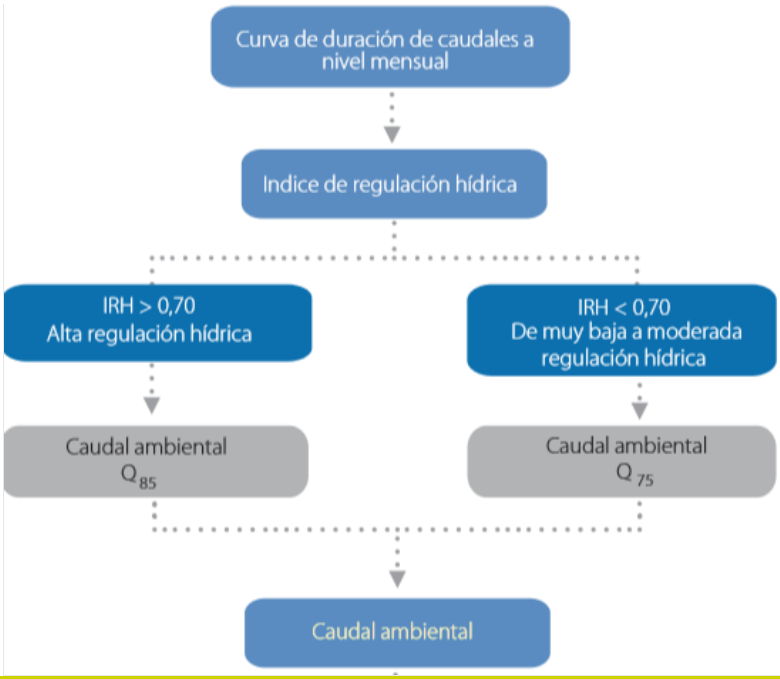


Figura 1-80 Algoritmo para el cálculo del caudal ambiental a partir de la CDC y el IRH
Fuente: (IDEAM, 2015)

1.5.3.1.6.3.12 Caudales extremos: máximos y mínimos

Los caudales extremos de los cuerpos de agua superficial comprenden los caudales máximos y los caudales mínimos. Para este análisis se hizo inferencia de caudales máximos a tiempos de retorno 2.33, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años, y para caudales mínimos a tiempos de retorno 2, 5, 10, 15 y 20 años.

Se construyeron series de tiempo de caudal diario para todas las unidades hidrográficas en el área de influencia fisicobiótica y a partir de estas se procedió a construir las series de caudales extremos anuales, es decir, se extrajo el caudal máximo anual simulado y el caudal mínimo anual simulado. Posteriormente, para verificar cuál es la función de densidad de probabilidad que mejor se ajusta a

la serie de caudales extremos se utilizó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov. Se llevó a cabo la prueba de bondad de ajuste de los datos de caudal extremo a tres funciones de probabilidad teóricas, teniendo como objetivo la definición de la función de densidad de probabilidad (FDP) que mejor se ajusta a los datos extremos de caudal (máximos y mínimos). Las funciones fueron: Gumbel, Normal y LogNormal (Chow, Maidment, & Mays, 1988). La prueba Kolmogorov-Smirnov (Chow, Maidment, & Mays, 1988) se aplicó de acuerdo con el paso a paso propuesto por el Manual de drenaje de carreteras (Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2009).

- Ordenar de mayor a menor los datos de la serie de extremos.
- Calcular el valor de la función de distribución de probabilidad observada así:

$$F_0 = 1 - \frac{m}{n+1}, donde\ m\ es\ el\ puesto\ del\ dato\ y\ n\ el\ número\ de\ datos$$

- Se calcula el valor de probabilidad acumulada para cada dato según la función teórica de probabilidad seleccionada.
- Se calcula el máximo valor de discrepancia entre la función de probabilidad observada y la probabilidad acumulada teórica.
- Se verifica el valor máximo de discrepancia con un valor de referencia de Kolmogorov-Smirnov. Si la discrepancia es menor se acepta la función de probabilidad, en caso contrario se rechaza.

Una vez conocida la FDP de mejor ajuste, se procedió a aplicar la metodología del factor de frecuencia para estimar los caudales máximos y mínimos. En el libro de Diseño Hidrológico (Fattorelli & Fernández, 2011) plantean que cuando se trata con series de valores extremos (máximos o mínimos) seleccionados de una muestra, estos se pueden analizar mediante métodos especiales con diversas distribuciones de probabilidad. En el cálculo de probabilidad de eventos mayores, la variable X, puede representarse por el valor medio $\tilde{x}$, más un incremento dependiente de la desviación estándar y de un factor de frecuencia, así:

$$X = \tilde{x} + kt \times \sigma$$

Donde:

X: variable de interés,
$\tilde{x}$: valor medio de la variable,
kt: factor de frecuencia,
σ: desviación estándar de la variable.

El factor de frecuencia depende de la FDP, como en este caso la función Normal es la más adecuada para el proyecto. El valor del factor de frecuencia asociado a una probabilidad de excedencia dada, que es función del tiempo de retorno, se puede calcular con los siguientes pasos (Chow V. , 1994).

- Calcular la probabilidad de no excedencia:

$$p = \frac{1}{T}$$

- Calcular la variable intermedia w:

$$w = \left[ln\left(\frac{1}{p^2}\right)\right]^{1/2}, para\ 0 < p \leq 0.5, si\ p > 0.5, transformar\ a\ 1 - p$$

- Calcular el factor de frecuencia kt

$$kt = w - \frac{2.515517 + 0.802853 \times w + 0.010328 \times w^2}{1 + 1.432788 \times w + 0.18269 \times w^2 + 0.001308 \times w^3}$$

- Si el valor de p > 0.5 se le asigna un valor negativo al kt.

1.5.3.1.6.3.13 Indicadores hídricos

De acuerdo con el Estudio Nacional de Agua de 2018 (IDEAM, 2019), *"la evaluación del sistema natural nacional se soporta en un conjunto de indicadores que evalúan, desde una fundamentación técnica, las características del clima y regulación de caudales... Los indicadores asociados al régimen hidrológico son el índice de aridez y el índice de regulación hídrica, los cuales permiten identificar zonas cuya normalidad climática es seca y la caracterización de la regulación de las cuencas".*

1.5.3.1.6.3.13.1 Índice de aridez (IA)

El índice de aridez (IA) es un indicador que califica cualitativamente las condiciones naturales de aridez, midiendo el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. A lo largo de la historia, el IA ha estado en constante evolución y en Colombia, se adoptó una relación entre la ETP y ETR (IDEAM, 2010) (IDEAM, 2015) con el objeto de representar la dinámica superficial del suelo, como se expresa a continuación:

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

$IA:$ Índice de aridez
$ETP:$ Evapotranspiración potencial anual multianual (mm)
$ETR:$ Evapotranspiración real potencial anual multianual

En la **Tabla 1-68** se presentan los rangos de clasificación del índice de aridez.

Tabla 1-68 Clasificación del índice de aridez (IA)

RANGO DE VALORES DEL INDICADOR	CLASIFICACIÓN
<0,15	Altos excedentes
0,15-0,9	Excedentes
0,20-0,29	Moderado a excedentes
0,30-0,39	Moderado
0,40-0,49	Moderado a deficitario
0,50-0,59	Deficitario
> 0,60	Altamente deficitario

Fuente: (IDEAM, 2019).

1.5.3.1.6.3.13.2 Índice de retención y regulación hídrica (IRH)

El Índice de retención y de regulación evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelos vegetación con las condiciones climáticas

y con las características físicas morfométricas de la cuenca. Este índice permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto.

El índice se calculó con base en la curva de duración de caudales medios, esta curva permite reconocer las condiciones de regulación de la cuenca y los valores característicos medios de caudales, e interpretar, en forma general, las características del régimen hidrológico de un río, y el comportamiento de la retención y la regulación de humedad en la cuenca.

La expresión matemática de cálculo es la siguiente:

$$IRH = VP/Vt$$

Donde:

IRH: Índice de retención y regulación Hídrica.
VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio (Q 50%).
Vt: Volumen total representado por el área total de la curva de duración de caudales.

En la **Tabla 1-69**, se presenta la clasificación del IRH según el estudio nacional del agua.

Tabla 1-69 Clasificación de retención y regulación hídrica (IRH)

RANGO DE VALORES DEL INDICADOR	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
IRH > 0,85	Muy Alta	Muy alta retención y regulación de humedad
0,75 < IRH < 0,85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
0,65 <IRH < 0,75	Moderada	Media retención y regulación de humedad
0,50 < IRH < 0,65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
IRH < 0,50	Muy Baja	Muy Baja retención y regulación de humedad

Fuente: (IDEAM, 2010), (IDEAM, 2015) e (IDEAM, 2019)

1.5.3.1.6.3.13.3 Índice de uso del agua (IUA)

Según la resolución 865 de 2004, la relación porcentual de la demanda de agua con relación a la oferta hídrica disponible se conoce con el nombre de índice de escasez; mientras que el ENA (2010), lo define como el índice de uso del agua. Por lo tanto, en este documento se usará el índice IUA.

De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua 2014 (IDEAM, 2015), el IUA - Índice de uso del agua (IUA) corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores, en un periodo de tiempo t (anual, mensual) y en una unidad espacial de referencia j (cuenca, subcuenca, microcuenca, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para la misma unidad temporal t y espacial j. Este indicador busca estimar la relación porcentual entre la demanda de agua con respecto a la oferta hídrica disponible.

Asimismo, en el contexto nacional el indicador, denominado anteriormente Índice de Escasez (Ie), se enmarca en:

i) El Decreto 155 de 2004, por el cual se establece el índice de escasez como variable en la definición de las tasas por uso del agua y la Resolución 865 de 2004, por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales.
ii) Resolución 643 de 2004, en la cual se establecen los indicadores mínimos de desarrollo sostenible para disminuir el riesgo por desabastecimiento de agua.
iii) El Estudio Nacional del Agua – ENA.
iv) La batería de indicadores del Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC.

v) La Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH como parte del marco normativo para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.
vi) El Decreto 1076 de 2015, el cual define al índice de escasez como parte integral del Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH), el Ordenamiento del Recurso Hídrico, y las tasas por uso de agua. vii) El CONPES 3934 "Política de Crecimiento Verde" y el CONPES 3918 "Estrategia para la implementación de ODS en Colombia"

El índice se calcula únicamente para fuentes de agua superficial tales como ríos y quebradas. No incluye en la oferta la disponibilidad de aguas subterráneas o de cuerpos de agua tales como lagunas, ciénagas o lagos.

La fórmula para el cálculo del IUA es la siguiente:

$$IUA = \frac{Dh}{OHSD} \times 100$$

Donde:

Dh: es la demanda hídrica sectorial.
OHSD: Oferta hídrica superficial disponible

En la **Tabla 1-70**, se incluye la clasificación del IUA.

Tabla 1-70 Clasificación del índice de uso de agua (IUA)

RANGO DE VALORES DEL INDICADOR	CLASIFICACIÓN	SIGNIFICADO
> 100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
50,01 - 100	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1,0 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
<1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: (IDEAM, 2015).

1.5.3.1.6.3.13.4 Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH)

La vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH), de acuerdo con el Estudio Nacional del Agua 2014 (IDEAM, 2015) mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que, ante amenazas naturales como periodos largos de estiaje o periodos de alta (IDEAM, 2015). Este indicador se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA) (ver **Tabla 1-71**).

Tabla 1-71 Matriz índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH)

Vulnerabilidad del recurso hídricorelación IRH – IUA					
IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda)		Índice de regulación			
Rango	Categoría	Alta	Moderado	Baja	Muy baja
<1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1 - 10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10 - 20	Moderado	Media	Media	Alta	Alta
20 -50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
50 - 100	Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
> 100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Fuente: (IDEAM, 2015)

1.5.3.1.7 Calidad del agua

La determinación de las condiciones de calidad del agua de los cuerpos de agua superficial en el área de influencia del componente hidrológico, responde a lo establecido por los términos de referencia HI-TER-1-03, que indican que: “Para las fuentes de agua susceptibles de intervención (captaciones, vertimientos, ocupación de cauces, entre otras) y localizadas en el área de influencia directa del proyecto, realizar la caracterización físico-química, bacteriológica e hidrobiológica, considerando al menos dos periodos climáticos (época seca y época de lluvias).”

Teniendo en cuanta lo anterior, y de acuerdo con las obras y actividades que se desarrollarán en el Área de Desarrollo Bucare, la caracterización del componente de calidad del agua tendrá en cuenta las fuentes hídricas sobre las cuales se solicitarán los permisos de concesión de agua superficial y ocupaciones de cauce; así como de aquellos cuerpos de agua que se encuentras dentro del área de influencia y que, aunque no serán intervenidos directamente, pueden ser susceptibles de afectación.

Es importante resaltar, que, en el marco de la presente solicitud de licencia ambiental, no se contempla el permiso de vertimientos en fuente hídrica.

A continuación, se hace una descripción general de la metodología a desarrollar siguiendo lo establecido por los ya mencionados Términos de Referencia para el Sector de Hidrocarburos y lo indicado por la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales - MGEPEA (MADS, 2018).

- **Fase precampo**

Teniendo en cuenta la información hidrológica registrada en el numeral (1.5.4.1.4 Hidrología) se propuso una red de puntos de monitoreo de calidad del agua (ver **Figura 1-81**) que cubriera toda el área de influencia, las cuencas hidrográficas identificas preliminarmente y los cuerpos de agua donde se han planteado de manera preliminar, las captaciones de agua superficial y las ocupaciones de cauce.

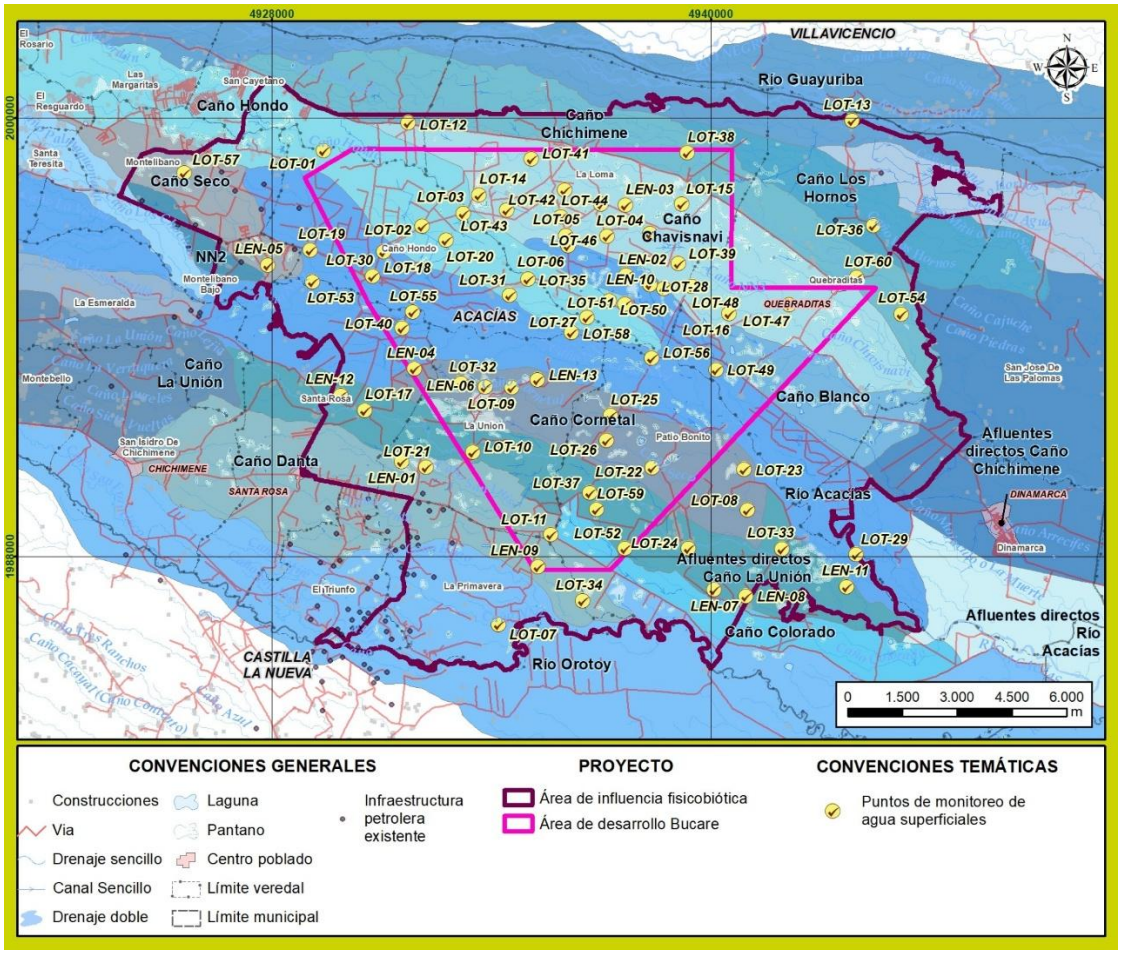


Figura 1-81 Puntos de monitoreo de calidad del agua superficial
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para la caracterización de la calidad del agua en el área de influencia preliminar físico-biótica del proyecto Área de Desarrollo Bucare, se establecieron 63 puntos de muestreo para determinar las condiciones fisicoquímicas, bacteriológicas e hidrobiológicas tanto de sistemas lóticos (50 puntos) de sistemas lénticos (13 puntos) tal como se presenta en la **Tabla 1-72**, los cuales sirvieron para la caracterización de la calidad del agua.

Tabla 1-72 Sitios de monitoreo de aguas superficiales en el área de influencia del proyecto Área de Desarrollo Bucare

ID	TIPO DE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
LOT-01	LOTICO	4929409,44	1999130,39
LOT-02	LOTICO	4932107,04	1997059,53
LOT-03	LOTICO	4933229,84	1997409,78
LOT-04	LOTICO	4938349,24	1996855,73
LOT-05	LOTICO	4936032,69	1996794,70
LOT-06	LOTICO	4936095,93	1996513,49
LOT-07	LOTICO	4934202,32	1986140,80

ID	TIPO DE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
LOT-08	LOTICO	4941013,83	1989283,79
LOT-09	LOTICO	4934567,67	1992628,35
LOT-10	LOTICO	4933496,59	1990868,65
LOT-11	LOTICO	4935624,85	1988611,77
LOT-53	LOTICO	4929105,03	1995535,43
LOT-12	LOTICO	4931731,19	1999892,79
LOT-13	LOTICO	4943877,18	1999945,53
LOT-54	LOTICO	4945224,86	1994647,77
LEN-01	LENTICO	4931540,96	1990603,91
LOT-14	LOTICO	4933657,56	1997912,66
LOT-15	LOTICO	4939207,47	1997659,21
LOT-17	LOTICO	4930530,35	1992010,85
LEN-13	LENTICO	4935269,39	1992851,95
LEN-02	LENTICO	4937681,70	1995708,61
LEN-03	LENTICO	4937668,49	1997629,81
LEN-04	LENTICO	4931896,10	1993149,56
LOT-19	LOTICO	4929038,64	1996401,24
LEN-05	LENTICO	4927885,79	1995990,59
LEN-06	LENTICO	4933827,37	1992653,54
LEN-07	LENTICO	4940102,30	1987096,01
LEN-08	LENTICO	4940972,00	1986912,48
LOT-20	LOTICO	4932761,28	1996674,31
LEN-09	LENTICO	4938127,21	1991162,77
LEN-10	LENTICO	4938722,63	1995338,75
LEN-11	LENTICO	4943723,64	1987176,41
LOT-55	LOTICO	4931846,83	1994702,03
LOT-21	LOTICO	4932218,94	1990448,97
LOT-22	LOTICO	4938404,84	1990434,97
LOT-56	LOTICO	4938393,56	1993435,64
LOT-23	LOTICO	4940924,87	1990393,17
LOT-24	LOTICO	4941681,00	1988048,00
LOT-25	LOTICO	4937258,31	1991864,33
LOT-26	LOTICO	4937147,08	1991191,08
LOT-27	LOTICO	4936613,57	1994559,71
LOT-28	LOTICO	4938346,71	1995455,16
LOT-29	LOTICO	4943987,88	1988057,86
LOT-30	LOTICO	4930753,03	1995686,85
LOT-58	LOTICO	4936197,48	1994138,97
LOT-31	LOTICO	4934484,23	1995087,95
LOT-33	LOTICO	4941949,47	1988200,57
LEN-12	LENTICO	4929886,20	1992425,66
LOT-35	LOTICO	4934996,16	1995599,78
LOT-37	LOTICO	4936688,11	1989753,80
LOT-38	LOTICO	4939366,69	1999060,00

ID	TIPO DE CUERPO DE AGUA	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
LOT-39	LOTICO	4939120,33	1996035,65
LOT-40	LOTICO	4931560,80	1994270,36
LOT-42	LOTICO	4936010,88	1998047,71
LOT-44	LOTICO	4935905,92	1997314,77
LOT-45	LOTICO	4936993,48	1997669,30
LOT-46	LOTICO	4937170,48	1996797,37
LOT-47	LOTICO	4942153,91	1994903,80
LOT-48	LOTICO	4939490,92	1995405,56
LOT-60	LOTICO	4943992,85	1995646,69
LOT-51	LOTICO	4937649,69	1994922,66
LOT-32	LOTICO	4933167,39	1992760,39
LOT-36	LOTICO	4944457,93	1997070,13

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

Los puntos de monitoreo de calidad de agua superficial fueron seleccionados teniendo en cuenta su representatividad, a fin de cubrir cada una de las microcuencas y red de drenaje en el área de influencia, considerando los sitios donde se desarrollarán actividades por el proyecto (Zodme, CPF, plataformas, etc.) y evaluando los niveles de otras actividades representativas en el área, considerando el gradiente hidráulico y dirección de flujo como criterios para localización de los puntos de muestreo, aguas arriba y aguas abajo de la zona de influencia de las actividades presentes en el proyecto Área de Desarrollo Bucare, con el fin de caracterizar las condiciones ambientales sin proyecto (actuales) respecto a la calidad del agua de las fuentes hídricas de la red de drenaje en el área de influencia y cómo inciden las condiciones ambientales con proyecto (futuro) igualmente en el área de influencia.

El monitoreo se realizará mediante una campaña de toma de muestras puntuales durante la temporada de mayor precipitación efectuada entre 2025/05/21 y 2025/06/25 y otra campaña en la temporada de menor precipitación efectuada entre 2025/01/29 y 2025/03/06 , siguiendo el Protocolo para el monitoreo del agua vigente publicado en la página web del IDEAM. La frecuencia del monitoreo se ajustará en el Plan de Manejo Ambiental para su posterior ejecución una vez se tenga aprobada la licencia ambiental del proyecto.

- **Etapa de campo**

El monitoreo se realizará mediante muestreos puntuales durante la temporada de mayor precipitación y la temporada de menor precipitación, en puntos relacionados en la **Tabla 1-72** y **Figura 1-81,** siguiendo el Protocolo para el monitoreo del agua vigente publicado en la página web del IDEAM. Adicionalmente, en los sitios de monitoreo sobre cuerpos lóticos se realizará aforo de caudal y se presentará la sección mojada, la medición de caudal, las velocidades, el ancho superficial, el área mojada, el perímetro mojado, la velocidad media, la profundidad media, la velocidad máxima y el caudal. Las mediciones precisas de caudal son fundamentales para proporcionar los datos necesarios para todos los aspectos que se tienen que reportar en los informes de cumplimiento ambiental.

La temporada de mayor precipitación y la temporada de menor precipitación en el área de influencia del proyecto Área de Desarrollo Bucare permiten caracterizar de manera local el régimen de caudales y niveles altos y bajos en la red de drenaje de los sistemas lénticos y lóticos pertenecientes a las microcuencas. (Ver **Figura 1-82**).

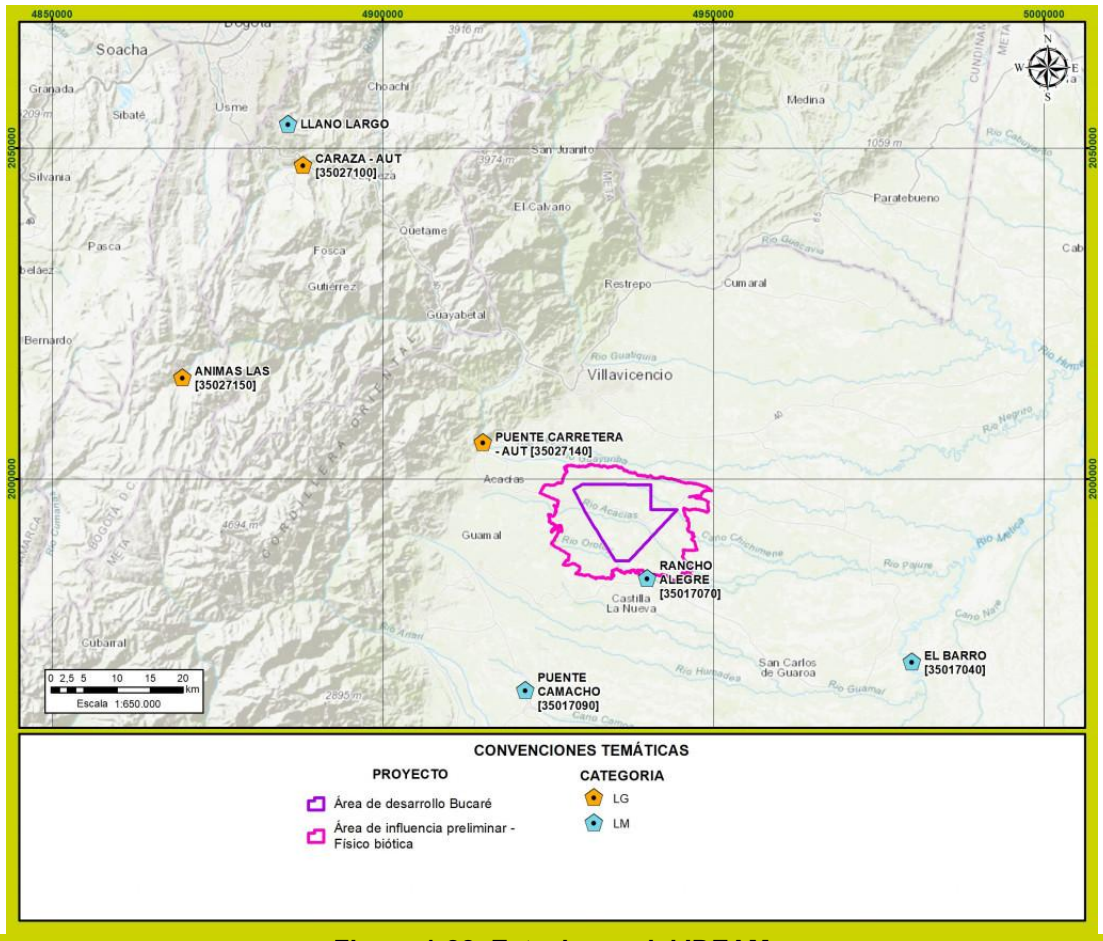


Figura 1-82 Estaciones del IDEAM
Fuente: SGI, SAS. 2024

- **Parámetros de calidad del agua**

La metodología de recolección de las muestras, tipo de muestra, registros de campo, cadenas de custodia, análisis “in-situ”, preservación, almacenamiento, envío de las muestras y demás procedimientos de garantía y control de calidad en el trabajo de campo, se realizarán de acuerdo con los lineamientos de calidad que establece la norma NTC-ICO/IEC 17025:2005 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración” y la técnicas determinadas en las guías de la U.S. EPA (2012) en su Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories, por la asociación Americana de Trabajo del Agua - AWWA (2012) y en el documento American Standard Methods for the examinaton of water and Wastewater 22 edition.

Los parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrobiológicos a caracterizar se determinan a partir de los lineamientos de los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Explotación de Hidrocarburos (HI-TER-1-03) de 2010, tomando en cuenta la posible intervención, afectación y usos del recurso hídrico, los cuales se relacionan en la **Tabla** 1-73**.**

Tabla 1-73 Parámetros en Agua Superficial

MATRIZ DE MONITOREO		ITEM	MONITOREO O ENSAYO	UNIDAD
MONITOREOS AGUAS SUPERFICIALES	Caracterización Física	1	Características organolépticas: color	
		2	Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	Longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm
		3	Caudal	m3/s
		4	Conductividad eléctrica	µS/cm
		5	Material flotante (organoléptico)	
		6	pH	Unidades
		7	Sólidos disueltos totales	mg/L
		8	Sólidos sedimentables totales	mg/L
		9	Sólidos suspendidos totales	mg/L
		10	Sólidos totales	mg/L
		11	Temperatura (In situ)	°C
		12	Turbiedad	NTU
	Caracterización química de la columna de Agua	13	Acidez total	mg/L CaCO3
		14	Alcalinidad total	mg/L CaCO3
		15	Aluminio	mg Al/L
		16	Amoniaco	mg/L
		17	Arsénico	mg As/L
		18	Bario	mg Ba/L
		19	Berilio	mg Be/L
		20	Bicarbonatos	mg CaCO3/L
		21	Boro	mg B/L
		23	Cadmio	mg Cd/L
		24	Calcio	mg Ca/L
		26	Carbono Orgánico total	mg C/L
		27	Cianuro total (CN-)	mg/L CN
		28	Cloruros	mg Cl-/L
		29	Cobalto	mg/L
		30	Cobre	mg Cu/L
		31	Cromo total	mg Cr/L
		32	DBO5	mg O2/L
		33	DQO	mg O2/L
		34	Dureza cálcica	mg CaCO3/L
		35	Dureza Total	mg CaCO3/L
		37	Fenoles totales	mg Fenol/L
		38	Fluoruros	mg/L F
		41	Fósforo Total	mg P/L
		42	Fosfatos	mg/L
		43	Grasas y Aceites	mg/L
		45	Hidrocarburos totales	mg/L
		46	Hierro Total	mg Fe/L
		47	Manganesio	mg Mn/L
		48	Magnesio Total	mg Mg/L
		50	Mercurio Total	mg Hg/L
		51	Molibdeno Total	mg Mo/L
		52	Níquel Total	mg Ni/L
		53	Nitratos	mg NO3-N/L
		54	Nitritos	mg NO2-N/L
		55	Nitrógeno Amoniacal	mg NH3-N/L
		56	Nitrógeno Total	mg N/L
		57	Oxígeno disuelto (In situ)	mg/L
		58	Organofosforados	mg/L XX
		59	Plata Total	mg Ag/L
		60	Plomo Total	mg Pb/L
		61	Potasio Total	mg K/L
		62	Salinidad	

MATRIZ DE MONITOREO		ITEM	MONITOREO O ENSAYO	UNIDAD
		63	Selenio Total	mg Se/L
		65	Sodio Total	mg Na/L
		66	Sulfatos	mg SO4 2-L
		68	Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg SAAM/L
		69	Vanadio	mg V/L
		70	Zinc Total	mg Zn/L
	Caracterización Bacteriológica	72	Coliformes fecales (o termotolerantes)	NMP/100mL
		73	Coliformes totales	NMP/100mL
		74	Helmintos parásitos humanos	Huevos/L
		75	Escherichia Coli	NMP/gr

Fuente: SIG S.A.S, 2024.

La toma de muestras y los análisis serán desarrollados por laboratorios que cuentan con certificación de IDEAM vigente. En caso de no existir laboratorios en Colombia que tengan certificación para el análisis de algún parámetro exigido por los términos de referencia, se contratará ese servicio con un laboratorio internacional.

Los equipos y materiales recomendados se relacionan a continuación.

- **Equipos de campo**

  - ✓ Equipo multiparámetros HACH HQ 40d, posee sondas inteligentes que reconocen automáticamente el parámetro a medir, el histórico de calibraciones y la configuración ideal para minimizar errores.

  - ✓ Equipos multiparámetros Hanna 9828, equipo portátil, robusto, impermeable e incorpora las más avanzadas tecnologías en el diseño de su sensor, así como de la administración de la información.

  - ✓ Bote pequeño, red para atrapar, botas pantaneras, overoles, cascos de protección, guantes impermeables, gafas de protección. Baldes, botellas plásticas, embudos, Navegador GPS.

- **Equipos de Laboratorio Físico químicos:**

  - ✓ Espectrómetro Infrarrojo Buck 400 para determinación de grasas y aceites e hidrocarburos.
  - ✓ Espectrofotómetro Ultravioleta/Visible Philips Unicam UV-2.
  - ✓ Espectrofotómetro Unicam, Thermo Scientific Evolution 201 y Evolution 300.
  - ✓ Espectrofotómetro portátil HACH.
  - ✓ Balanza analítica Mettler Toledo.
  - ✓ Destilador de Nitrógeno Selecta.
  - ✓ Rotavaporador Heidolph V-60.
  - ✓ Bombas de vacío.
  - ✓ Buretas Digitales Brand.
  - ✓ Conductímetro Hach.
  - ✓ pHmetro Oakton.
  - ✓ Campana de Extracciones Fisher HAMILTON.
  - ✓ Incubadora Metrix.
  - ✓ Oximetro Hach.
  - ✓ Termoreactor Hach.
  - ✓ Mufla Vulcan.
  - ✓ Titulador Automático Metrohm.

- ✓ Turbidímetro Hach.
- ✓ Incubadoras.
- ✓ Neveras.

➢ **Cromatografía**

➢ **Absorción atómica**

➢ **Microbiología**

- ✓ Autoclave de calor externo All American 1295 X.
- ✓ Autoclave eléctrica All American 75 X.
- ✓ Incubadora CO2 Thermoforma 3120.
- ✓ Baño termostatado Presicion 51221058.
- ✓ Contador de Colonias Quebec 3327.
- ✓ Incubadora Barnstead Labline 310M.
- ✓ Horno de Esterilización Precisión Econotherm.
- ✓ Microscopio óptico compuesto Micromaster CK.
- ✓ Cabina de flujo laminar horizontal Modulab 8580.
- ✓ Lámpara de luz UV Spectroline EA-160.
- ✓ Centrifuga Rotofix 32A 1206-01.
- ✓ Plancha de calentamiento con agitación magnética Boeco MSH-420.

Tabla 1-74 Formas para la preservación de la muestra

PARÁMETROS	VOLUMEN REQUERIDO PARA EL ANÁLISIS (mL)	RECIPIENTE EN QUE DEBE SER ENVASADO PARA SU ANÁLISIS	PRESERVANTE
FISICOQUÍMICO			
TEMPERATURA	N.A.	N.A	N.A.
pH	N.A.	N.A	N.A.
OXIGENO DISUELTO	N.A.	N.A.	N.A.
TURBIEDAD	50	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	100	N.A.	N.A.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
CONDUCTIVIDAD	N.A	N.A	N.A.
CLORUROS	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
SOLIDOS SEDIMENTABLES	1000	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
ALCALINIDAD	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
ACIDEZ	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
SOLIDOS TOTALES	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
OLOR	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
COLOR VERDADERO	50	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
BICARBONATOS	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
CARBONATOS	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
FOSFORO TOTAL	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
SABOR	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
SULFATOS	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
NITRATOS	50	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
NITRITOS	50	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
CLORO TOTAL	100	AMBAR 250 mL	N.A.
NITRÓGENO AMONIACAL	50	AMBAR 250 mL	H_2SO_4 pH <2
DBO_5	1000	AMBAR 1000 mL	N.A.
DQO	2,5	AMBAR 125 mL	H_2SO_4 pH <2
GRASAS Y ACEITES	1000	VIDRIO TRANSPARENTE 1000 mL	H_2SO_4 pH <2
HIDROCARBUROS TOTALES	1000	VIDRIO TRANSPARENTE 1000 mL	H_2SO_4 pH <2

PARÁMETROS	VOLUMEN REQUERIDO PARA EL ANÁLISIS (mL)	RECIPIENTE EN QUE DEBE SER ENVASADO PARA SU ANÁLISIS	PRESERVANTE
TENSOACTIVOS	100	POLIETILENO TRASLUCIDO 2000 mL	N.A.
FENOLES TOTALES (DESTILACIÓN-COLORIMÉTRICO)	200	AMBAR 500 mL	H_2SO_4 pH <2
ABSORCIÓN ATÓMICA (METALES)			
METALES LEÍDOS POR ICP	250	POLIETILENO TRASLUCIDO 1000 mL	HNO_3 pH<2
METALES LEÍDOS POR EAA	500	POLIETILENO TRASLUCIDO 1000 mL	HNO_3 pH<2
METALES LEÍDOS POR EAAE	250	POLIETILENO TRASLUCIDO 1000 mL	HNO_3 pH<2
MICROBIOLOGÍA			
BACTERIOLÓGICOS	250 mL	VIDRIO TRANSPARENTE 250 mL	ESTERILIZADO
CROMATOGRAFÍA			
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS (OCP´S)	1000	AMBAR 1000 mL	TIO SULFATO DE SODIO
PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS (OPP´S)	1000	AMBAR 1000 mL	TIO SULFATO DE SODIO
FENOLES TOTALES	1000	AMBAR 1000 mL	H_2SO_4 pH <2

Fuente: SIG S.A.S, 2025.

- **Fase Post Campo**

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos comprende inicialmente la presentación de los resultados y la comparación con los criterios de calidad según la normatividad vigente. Posteriormente, se realizará una descripción de cada parámetro evaluado y se calculará el índice de calidad del agua (WQI). Como complemento a la interpretación de los resultados y con el fin de determinar la calidad del recurso en cada punto de monitoreo se obtendrán los índices de contaminación para la caracterización de aguas continentales (ICOSUS, ICOMI, ICOMO e ICOTRO). Se incluirá la descripción de los puntos monitoreados en el formato ejemplo que se muestra en la **Tabla 1-75.**

Tabla 1-75 Ejemplo descripción de los puntos de monitoreo – Calidad de agua

<table>
<tr><th>PUNTOS DE MONITOREO</th><th colspan="2">COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL</th><th colspan="2">ASPECTOS</th><th>REGISTRO FOTOGRÁFICO</th></tr>
<tr><td rowspan="2">ID
Nombre</td><td>N:</td><td>NORTE</td><td>Climático</td><td>Describir las condiciones del día de toma.</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>E:</td><td>ESTE</td><td>Fuentes potenciales de contaminación</td><td>Describir si existen fuentes contaminantes en el sector</td></tr>
<tr><td colspan="6">DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUNTO: Describir físicamente las características físicas del área de colecta de las muestras</td></tr>
</table>

Fuente: SGI SAS, 2024

Adicionalmente, se identificará en **Tabla 1-77** el cumplimiento por color de cada ICA y se reportará en la línea base presentada en el capítulo 3 todas las observaciones de cada punto monitoreado, así como las conclusiones en la caracterización. Adicionalmente se comparará con la norma vigente y se presentará un informe en cumplimiento a los criterios pactados en el contrato previo.

- Índices de Contaminación (ICO's)

A raíz del crecimiento industrial y como consecuencia del fuerte impacto antrópico sobre los sistemas de agua superficial, fueron creadas varias metodologías que facilitan el seguimiento de las fuentes hídricas, aplicando, de forma simultánea, la normatividad ambiental vigente.

La determinación y el análisis de índices obtenidos a partir de los parámetros fisicoquímicos de los sistemas hídricos, facilita la cuantificación de resultados que permiten generar una percepción general o específica del estado real de cada sistema monitoreado y, de esa forma, proponer una hoja de ruta que, aplicada, permita mejorar las condiciones de calidad de dichos cuerpos de agua (Ramírez & Viña, 1998).

Teniendo en cuenta los parámetros evaluados en este monitoreo, se consideran los siguientes índices de contaminación (ICO's):

Tabla 1-76 Rangos de contaminación ICO's

VALOR DEL ICO	GRADO DE CONTAMINACIÓN
0,000 – 0,200	Ninguna
0,200 - 0,400	Bajo
0,400 – 0,600	Medio
0,600 – 0,800	Alto
0,800 – 1,000	Muy alto

Fuente: SIG S.A.S 2021.

Tabla 1-77 Descriptores para presentar el aplicativo del ICA

DESCRIPTORES	ÁMBITO NUMÉRICO	COLOR
Muy malo	0-0.25	Rojo
Malo	0.26-0.50	Naranja
Regular	0.51-0.70	Amarillo
Aceptable	0.71-0.90	Verde
Bueno	0.91-1.00	Azul

Fuente: Estudio nacional del agua, Instituto de Hidrología. Meteorología y estudios ambientales. 2010

- Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Se obtiene a través de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno. Se define entre un rango de 0 a 1 donde el aumento desde el valor más bajo se relaciona con el aumento de contaminación en el cuerpo del agua

$$ICOMO = \frac{1}{3}\left(I_{DBO_5} + I_{Coliformes\ Totales} + I_{Oxígeno\ \%}\right)$$

Tabla 1-78 Equivalencias de la ecuación para el cálculo del ICOMO

Equivalencia	Interpretación
$I_{DBO_5} = -0{,}005 + 0{,}70 Log_{10} DBO_5 (mg/L)$	DBO > 30mg/L =1
	DBO< 2 mg/L =0
$I_{Coliformes\ Totales} = -1{,}44 + 0{,}56 Log_{10} Col.Tot.(NMP/100ml)$	Col Totales > 20000 (NMP/100mL) = 1
	Col Totales < 500 (NMP/100mL) = 0

Equivalencia	Interpretación
$I_{Oxígeno\%} = 1 - 0{,}01\ Oxígeno\ \%$	Oxígenos (%) mayores a 100% tienen un índice de oxígeno de 0

Fuente: SGI SAS 2025

De manera general, los sistemas lóticos con porcentajes de saturación mayores a 100% son ventajosos e indican una muy buena capacidad de re aireación de los cursos hídricos.

- Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)

El ICOMI es el valor promedio de la conductividad (reflejo de los sólidos disueltos); dureza (cationes calcio y magnesio), y alcalinidad (aniones carbonatos y bicarbonatos), las cuales se definen en un rango de 0-1; índices próximos a cero (0) reflejan muy baja contaminación por mineralización, e índices cercanos a uno (1), lo contrario.

$$ICOMI = 1/3\ (IConductividad + IDureza + IAlcalinidad)$$

Tabla 1-79 Equivalencias de la ecuación para el cálculo del ICOMI

Equivalencia		Interpretación
$I_{Conductividad} = Log^{10} I_{Conductividad}$	$Log^{10} I_{Conductividad} = - 3{,}26 + 1{,}34\ Log^{10}$	Conductividad > a 270 µS/cm tiene $I_{Conductividad} = 1$
$I_{Dureza} = Log^{10} I_{Dureza}$	$Log^{10} I_{Dureza} = -9{,}09 + 4{,}40\ Log^{10}$	Dureza mayor a 110 mg/L tienen un $I_{Dureza} = 1$
		Dureza menor a 30 mg/L tienen un $I_{Dureza} = 0$
$I_{Alcalinidad} = -0{,}25 + 0{,}005$		Alcalinidades mayores a 250 (mg/L), tienen un $I_{Alcalinidad} = 1$
		Alcalinidades menores a 50 (mg/L), tienen un $I_{Alcalinidad} = 0$

Fuente: SGI SAS 2025

- Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Está definido por la concentración de sólidos suspendidos que se definen como partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

$$ICOSUS = -0{,}02 + 0{,}003\ Sólidos\ suspendidos\ (mg/L)$$

La **Tabla 1-80** presenta las variables involucradas en la determinación de los índices de contaminación. Por su parte, la **Tabla 1-81** se indica la interpretación de los resultados de ICOMO, ICOMI e ICOSUS.

Tabla 1-80 Variable fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO)

Índices	Variable
ICOSUS	Sólidos suspendidos
ICOMI	Conductividad
	Dureza
	Alcalinidad
ICOMO	Coliformes totales
	DBO_5
	% de saturación de Oxígeno
ICOTRO	Fósforo total (mg/L)

Índices	Variable

Fuente: SGI SAS 2025

Tabla 1-81 Interpretación resultados índices ICOMO, ICOSUS, e ICOMI

Interpretación	
0,8-1,0	Contaminación muy alta
0,6-0,8	Contaminación alta
0,4-0,6	Contaminación media
0,2-0,4	Contaminación baja
0,0-0,2	Contaminación muy baja

Fuente: SGI SAS 2025

- Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO)

Se determina en esencia por la concentración del fósforo total. A diferencia de los índices anteriores en los cuales se determina un valor particular entre 0 y 1, la concentración del fósforo total define por sí misma una categoría discreta. El fósforo es un elemento escaso y no es muy soluble en agua, excepto en condiciones ácidas. Es tomado por las plantas en la forma de ortofosfato ionizado PO_4, HPO_4, H_2PO_4, H_3PO_4 y su solubilidad depende de los compuestos de calcio y hierro. El fósforo que entra a los sistemas se deposita en los sedimentos y algunas fracciones retornan cuando el agua en contacto con los sedimentos es reductora (poco oxígeno y alto CO_2). En la **Tabla 1-82** se presenta la interpretación de los resultados del Índice de contaminación por presencia de Fósforo

Tabla 1-82 Interpretación resultados índice ICOTRO

Interpretación ICOTRO	
<0,01	Oligotrófico
0,01-0,02	Mesotrófico
0,02-1	Eutrófico
>1	Hipereutróficos

Fuente: SGI SAS 2025

1.5.3.1.8 Usos del agua

- **Objetivo y escala de trabajo**

En el presente numeral se describe la metodología utilizada para la identificación de usos y usuarios para los diferentes cuerpos de agua superficial de interés para el proyecto (captaciones y ocupaciones) y los posibles conflictos y/o afectaciones sobre el recurso hídrico por la ejecución de las actividades propuestas antes, durante o después.

Teniendo como base el artículo 2.2.3.3.2.1 del Decreto 1076 de 2015, los términos de referencia HI-TER-1-03 y la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (2018) se realizará el inventario de usos y usuarios de los cuerpos de agua intervenidos. Además, se verifican los posibles conflictos y/o afectaciones sobre el recurso hídrico por usos del agua a partir del cálculo de la demanda para los usuarios identificados y con un análisis de disponibilidad del recurso por caudales mínimos para diferentes periodos de retorno.

Dicha identificación se realiza en tres etapas (Pre-campo, campo y Post-campo) orientadas al análisis, levantamiento y procesamiento de la información de usos y usuarios asociados al área de influencia del proyecto Área de Desarrollo Bucare.

- **Etapa pre-campo**

En esta etapa se realiza la identificación y determinación de los puntos de interés del proyecto sobre los cuerpos hídricos dentro del área de influencia de los cuales, se realiza el levantamiento de información secundaria suministrada y/o recopilada para complementar el trabajo de campo. En la **Tabla 1-83**,se muestran las fuentes de información secundaria utilizadas para identificar de forma preliminar los posibles usos y usuarios dentro del área de influencia del Área de Desarrollo Bucare.

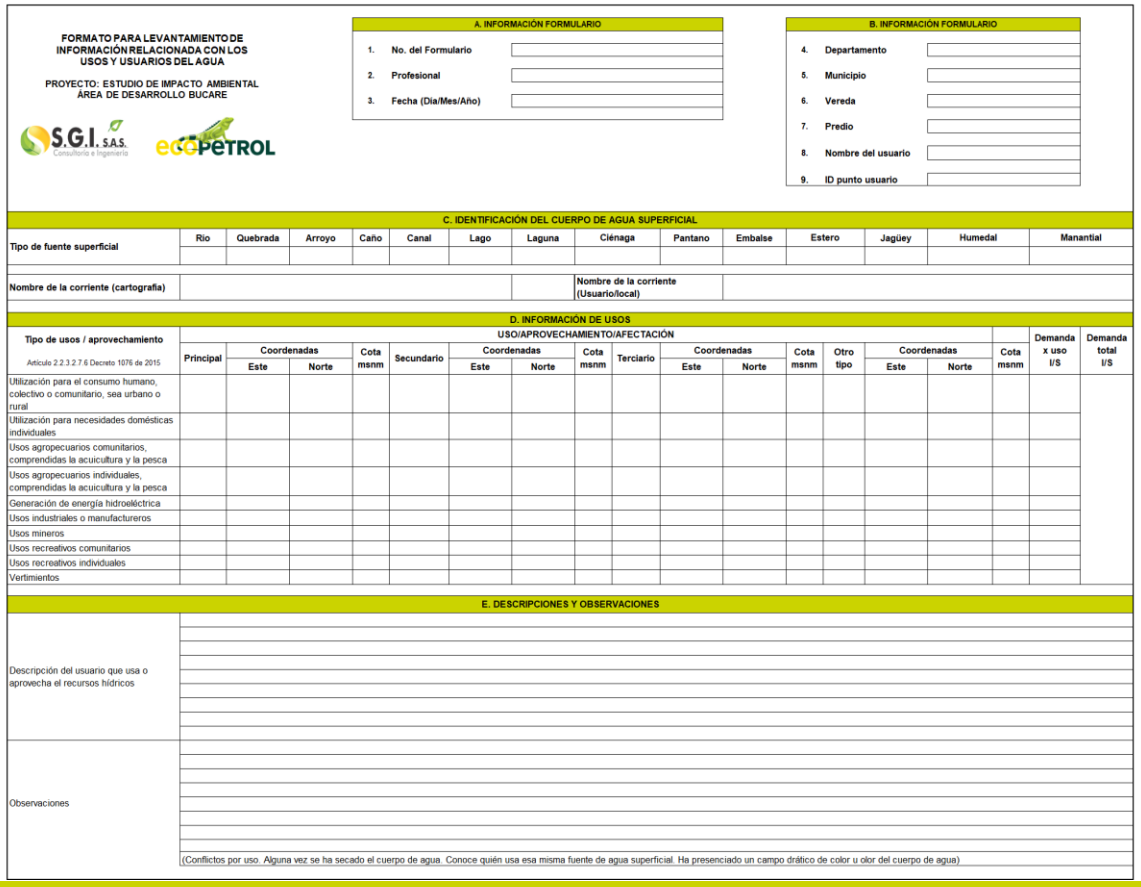
Tabla 1-83 Información secundaria recopilada para el área de influencia del proyecto

CLASE	NOMBRE
CARTOGRAFÍA	*Cartografía básica IGAC Escala 1:25.000 capa de (Infraestructura social)*
IMAGEN	*Imagen satelital EARTH SCANNER*
POMCA	*POMCAS río Acacías - Pajure y POMCAS río Guayuriba*

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

Así mismo, se realiza una consulta de manera formal a la Autoridad Ambiental CORMACARENA sobre la existencia de concesiones o permisos de vertimientos, captaciones de agua superficial, y ocupaciones de cauce sobre los cuerpos de agua de interés del proyecto, oficio presentado en el **Anexo/5. Anexo Abiótico/5.6 Usos del agua/5.6.2 Concesiones de aguas superficiales y subterráneas**.

Una vez se tiene el levantamiento preliminar de los posibles usos y usuarios identificados a partir de la información secundaria existente se organiza el formato para levantamiento en campo (**Figura 1-83**).



FORMATO PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN RELACIONADA CON LOS USOS Y USUARIOS DEL AGUA

PROYECTO: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE DESARROLLO BUCARE

A. INFORMACIÓN FORMULARIO

1. No. del Formulario	
2. Profesional	
3. Fecha (Dia/Mes/Año)	

B. INFORMACIÓN FORMULARIO

4. Departamento	
5. Municipio	
6. Vereda	
7. Predio	
8. Nombre del usuario	
9. ID punto usuario	

C. IDENTIFICACIÓN DEL CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL

Tipo de fuente superficial	Rio	Quebrada	Arroyo	Caño	Canal	Lago	Laguna	Ciénaga	Pantano	Embalse	Estero	Jagüey	Humedal	Manantial

Nombre de la corriente (cartografía)		Nombre de la corriente (Usuario/local)	

D. INFORMACIÓN DE USOS

Tipo de usos / aprovechamiento (Artículo 2.2.3.2.7.6 Decreto 1076 de 2015)	USO/APROVECHAMIENTO/AFECTACIÓN																Demanda x uso l/S	Demanda total l/S
	Principal	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Cota msnm	Secundario	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Cota msnm	Terciario	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Cota msnm	Otro tipo	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Cota msnm		
Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural																		
Utilización para necesidades domésticas individuales																		
Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca																		
Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca																		
Generación de energía hidroeléctrica																		
Usos industriales o manufactureros																		
Usos mineros																		
Usos recreativos comunitarios																		
Usos recreativos individuales																		
Vertimientos																		

E. DESCRIPCIONES Y OBSERVACIONES

Descripción del usuario que usa o aprovecha el recursos hídricos	
Observaciones	(Conflictos por uso. Alguna vez se ha secado el cuerpo de agua. Conoce quién usa esa misma fuente de agua superficial. Ha presenciado un campo drático de color u olor del cuerpo de agua)

Figura 1-83 Formato de campo para levantamiento de información de usos y usuarios
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- **Etapa de campo**

Como previamente se definieron los puntos de captación y ocupaciones de cauce se realiza inicialmente una visita de los puntos para conocer su viabilidad, pertinencia y/o la necesidad de modificar su ubicación o de adicionar nuevos puntos. Una vez efectuado estos recorridos en el área de influencia se establece una zona de verificación de usos y usuarios para las captaciones y s de 1 km aguas arriba y 1 km aguas abajo sobre el cauce de los cuerpos de agua.

Teniendo en cuenta la ubicación de las ocupaciones de cauce y captaciones de agua superficial se realiza en campo la identificación de posibles usuarios dentro del área de influencia que podrían estar expuestos por el aprovechamiento del recurso para el desarrollo del proyecto mediante encuestas, usando el formato de la **Figura 1-83**, con el fin de conocer la oferta y demanda del recurso hídrico con información suministrada por la comunidad del área de influencia como se muestra en el **Anexo/5. Anexo Abiótico/5.6 Usos del agua/5.6.1 Formato_Usos_Usuarios_agua .xlsx**.

Dentro de la información a recolectar con el formato de campo se incluye la fuente hídrica de la cual se hace aprovechamiento, cantidad de personas que habitan o pasan tiempo en las viviendas, colegios y demás usuarios, tipo de usos del agua que tienen de acuerdo con sus necesidades (doméstico, agrícola, pecuario y comercial), así como el manejo efectuado de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos y de los combustibles fósiles que usan en el lugar.

- **Etapa Post-campo**

Con la información y datos recolectados durante las etapas anteriores, se busca identificar las dinámicas de consumo de los usuarios de acuerdo con los diferentes usos sobre los puntos de interés del proyecto y a su vez, realizar la identificación de caudales demandados y posibles conflictos con caudales actuales de los cuerpos de agua.

1.5.3.1.9 Componente atmosférico

1.5.3.1.9.1 Clima

Este componente se realizó con el fin de identificar, zonificar y describir las condiciones climáticas del área de estudio. Para esto se partió del análisis estadístico de las series meteorológicas, las cuales se definen como una sucesión de datos históricos y variables, cuyas escalas temporales se encuentran a nivel diario, mensual y anual multianual.

A continuación, se presenta la metodología implementada para el desarrollo del componente, conforme a los requerimientos de los términos de referencia HI-TER-1-03 y la metodología general de estudios ambientales (MADS, 2018).

Se utilizó información de la red meteorológica del IDEAM ubicando las estaciones más próximas al área de influencia y consultando los siguientes parámetros: temperatura, presión atmosférica, precipitación, humedad relativa, viento, radiación solar, nubosidad y evaporación.

Para todas las variables anteriormente mencionadas se verificó la completitud de los datos en un periodo de 30 años (1/01/1994-31/12/2023) para así identificar, zonificar y describir las condiciones climáticas mensuales multianuales del área de estudio.

En el caso de la precipitación y la temperatura, siguiendo lo indicado en la Metodología general para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales –componente hidrológico– (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, 2018) se hizo: análisis de datos anómalos, análisis de consistencia de los datos, completamiento de las series de tiempo, análisis de homogeneidad, análisis de tendencia de los datos y análisis espacio temporal. De esta manera se tiene congruencia entre la caracterización climática e hidrológica. Los métodos empleados se describen en la metodología de hidrología (ver Análisis de calidad de datos hidroclimatológicos).

En el caso de los parámetros: radicación solar, evaporación, humedad relativa y nubosidad, se hizo el completamiento de las series de tiempo y el análisis espacio temporal.

Para la presión atmosférica se realizó el cálculo a escala mensual y anual en las estaciones con información de temperatura media disponible, y además se realizó su espacialización con el MDE tomándola como la variable Z en la ecuación de presión atmosférica.

Y para los vientos se elaboró la correspondiente rosa de los vientos con base en la dirección, velocidad y frecuencias reportados.

1.5.3.1.9.1.1 Selección de estaciones meteorológicas

La selección de las estaciones meteorológicas se realizó con información espacial, en el software QGis con base en la siguiente información cartográfica:

a. Área de influencia del proyecto.
b. Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM (IDEAM, 2024).
c. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas (IDEAM, 2013).

En primer lugar, se cargó el área del proyecto, luego se identificaron las subzonas hidrográficas (SZH) cercanas al área de estudio –seleccionándose las SZH de los ríos Guayuriba y Metica–, posteriormente se cargaron las estaciones del IDEAM y se seleccionaron aquellas incluidas al interior de las mencionadas SZH. Adicionalmente, se incluyeron algunas estaciones climatológicas y de precipitación de las SZH de los ríos Negro y Guatiquía para dar representatividad hacia el norte del área de influencia. Por último, se eliminaron las estaciones suspendidas o recientemente instaladas que no cumplieron con el criterio de estar en funcionamiento en los últimos 30 años (01/01/1994-31/12/2024).

Como producto de este análisis cartográfico se seleccionaron 31 estaciones meteorológicas para realizar la consulta de la información hidroclimática, en la **Tabla 1-84** se muestra la información de cada una de estas estaciones y en la **Figura 1-84** se muestra su ubicación espacial.

Tabla 1-84 Estaciones seleccionadas para el análisis climático

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	ALTITUD [msnm]	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
				Este	Norte		
35025050	LLANO LARGO	CO	2980	4885743.80	2053429.40	Cundinamarca	Ubaque
35025060	BOLSA LA	CO	3195	4891176.80	2063653.30	Cundinamarca	Choachí
35020300	GUTIERREZ	CP	2300	4888769.40	2028127.80	Cundinamarca	Gutiérrez
35035070	UNILLANOS	CP	340	4935425.40	2008500.40	Meta	Villavicencio
35020310	NAZARETH	PG	2800	4872857.00	2019124.60	Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.
35030080	LAS CASAS	PG	2100	4896151.10	2048811.00	Cundinamarca	Cáqueza
35020020	SUSUMUCO	PG	1039	4914448.40	2021961.40	Cundinamarca	Guayabetal
35030290	SERVITA	PG	1084	4923194.20	2020860.40	Meta	Villavicencio
35010070	GUAMAL	PM	525	4915808.80	1986594.60	Meta	Guamal
35010150	YAGUARITO	PM	275	4962267.60	1987116.90	Meta	San Carlos de Guaroa
35010040	CAÑO HONDO	PM	639	4909708.50	1991764.70	Meta	Guamal
35010020	ACACIAS	PM	525	4915046.80	1999447.10	Meta	Acacías
35020340	PRIMAVERA LA	PM	2300	4883503.20	2014809.10	Cundinamarca	Gutiérrez
35025070	TAQUES LOS	PM	3150	4867874.00	2021830.40	Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.
35020350	BETANIA	PM	3150	4872769.00	2024279.00	Bogotá, D.C.	Bogotá, D.C.
35020290	FOMEQUE	PM	1900	4901256.00	2053817.40	Cundinamarca	Fómeque
35010060	EL TORO	PM	230	4955542.20	1976438.80	Meta	Castilla La Nueva
35010080	NARE	PM	200	4983382.50	1977228.00	Meta	Puerto López
35020280	CHOACHI	PM	1950	4897250.00	2057843.60	Cundinamarca	Choachí
35010090	SAN MARTIN	PM	447	4921401.70	1967822.20	Meta	San Martín
35020010	MONTERREDONDO	PM	1467	4909181.10	2027483.10	Cundinamarca	Guayabetal
35020060	POMPEYA	PM	260	4959167.90	2004401.20	Meta	Villavicencio
35030050	OJO DE AGUA	PM	300	4950208.00	2010083.90	Meta	Villavicencio
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	SP	422	4931485.10	2017917.50	Meta	Villavicencio

CO: climatológica ordinaria. CP: climatológica principal. PG: pluviográfica. PM: pluviométrica. SP: sinóptica principal.
Fuente: SGI S.A.S., 2025.

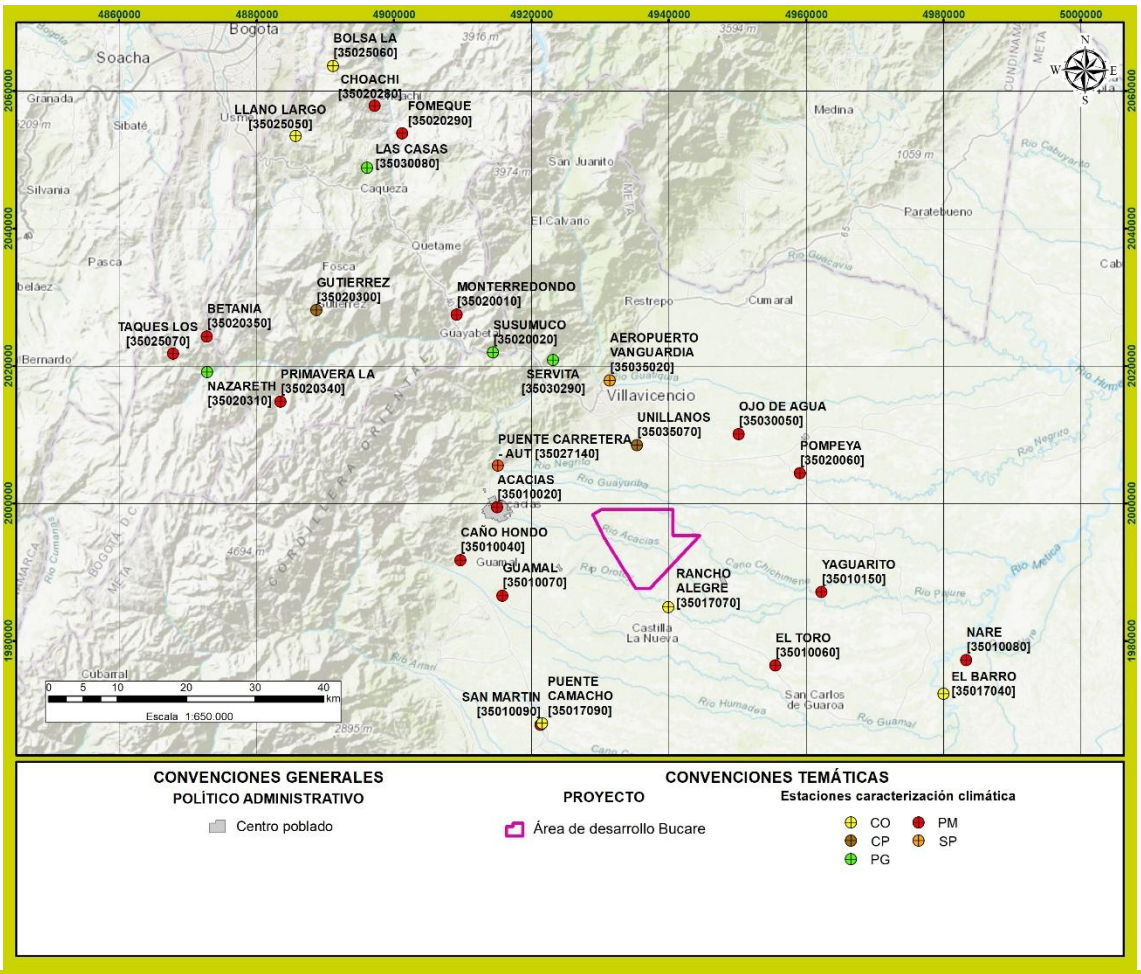


Figura 1-84 Localización de las estaciones meteorológicas consultadas
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.3.1.9.1.2 Análisis de calidad de datos hidroclimatológicos

Los métodos empleados se describen en la metodología de hidrología (ver Análisis de calidad de datos hidroclimatológicos); para la precipitación y la temperatura se aplicaron todos los métodos allí descritos. En el caso de los parámetros: radicación solar, evaporación, humedad relativa y nubosidad, se hizo el completamiento de las series de tiempo y el análisis espacio temporal.

1.5.3.1.9.1.3 Presión atmosférica

Según (Barco Jiménez & Cifuentes, 2018), la presión atmosférica se refiere a un diferencial, una columna imaginaria de aire a la que se le mide su peso en un punto determinado en la superficie terrestre. Esta columna, ejerce presión sobre el punto arrojando un valor.

Para el cálculo de la presión atmosférica del área de influencia se utilizó una simplificación de la ley de los gases ideales, a una temperatura atmosférica estándar de 273°K. Para la aplicación de esta ecuación se utilizó la altura media calculada a partir del modelo de elevación digital (DEM) del área de influencia:

Ecuación 1-8 Ecuación empleada para el cálculo de la presión atmosférica

$$p = P_0 \times exp\left(-\frac{gz}{R_{da} \times T_m}\right)$$

Donde:

P es la presión atmosférica en el sitio de interés, mm Hg.
Po es la presión atmosférica al nivel del mar, 760 mm Hg (1013 mbar).
g es la aceleración de la gravedad, 9,81 m/s^2.
z es la altitud de instalación de la estación analizada.
R_{da} es la constante de gas del aire seco, 289 J/Kg-K.
T_m es la temperatura media mensual en el sitio del proyecto, en K.

De este modo se llevó a cabo el análisis temporal de la presión atmosférica y, posteriormente mediante el Modelo de Elevación Digital –DEM– y las capas espaciales de temperatura media, se ejecutó el análisis espacial de este parámetro a escala mensual y anual.

1.5.3.1.9.1.4 Rosas de vientos

Para la generación de las rosas de vientos se utilizó el código en el lenguaje de programación Python elaborado con el apoyo de la herramienta online gratuita ChatGPT. El código es el siguiente:

```
import pandas as pd
from windrose import WindroseAxes
import matplotlib.pyplot as plt

# Cargamos el archivo csv df = pd.read_csv(ruta del archivo CSV)

# Agregamos los rangos de la escala de Beaufort
beaufort_levels = [0, 0.5, 1.5, 3.5, 5.5, 8, 11, 14]
beaufort_labels = ['Calma', 'Brisa muy ligera', 'Brisa ligera', 'Pequeña brisa', 'Moderado', 'Fresco', 'Fuerte (Bonancible)', 'Fuerte (Muy fresco)']

# Creamos un gráfico de rosa de los vientos
ax = WindroseAxes.from_ax()
ax.bar(df["V_DIRECTION_deg"], df["V_SPEED"], normed=True, opening=0.8, edgecolor='white', bins=beaufort_levels, nsector=16, blowto=False,cmap=plt.cm.YlGnBu_r)
ax.set_legend()

# Agregamos la leyenda y título
plt.title("ROSA DE VIENTOS ESTACIÓN INTERÉS")

# Guardar gráfica
plt.savefig(ruta para guardar rosa de vientos)
```

Los datos de entrada de las estaciones meteorológicas consultadas fueron dirección y velocidad del viento, se introducen con una frecuencia horaria permitiendo obtener rosas de vientos diurnas, nocturnas y totales en periodos mensuales multianuales.

1.5.3.1.9.1.5 Balance hidroclimático

A partir de los valores de evapotranspiración (ETP) (ver numeral 3.2.4 Hidrología del presente estudio) y de precipitación (P) media mensual calculados, se evaluó y determinó la evapotranspiración real y balance hídrico a partir de la metodología de Thornthwaite. Para el desarrollo del balance hidroclimático se siguió la metodología de (Sánchez-Almohalla & Montaner Salas, 1988) como sigue:

- Se identifica el primer mes del año hidrológico, siendo este el primero que cumple la condición: P>ETP. Para la zona de estudio este mes es octubre.
- Se define la reserva útil disponible del suelo (RU) como 0 mm para ese mes (abril).
- Se calcula la ETR con las siguientes condiciones:
- Sí P > ETP, entonces ETR = ETP,
- Sí P < ETP, verificar P + RU >= ETP, entonces ETR = ETP,
- Sí P < ETP, y P + RU < ETP, entonces ETR = P.
- Se calcula la reserva útil del suelo para el mes subsiguiente como P – ETR + RU. Si este valor es mayor que la reserva útil máxima del suelo (RU_{max}) se pone el valor de RU_{max} para la RU del mes subsiguiente. Si el valor es menor que 0 se pone 0 para la RU del mes subsiguiente.
- Se calcula el déficit hídrico del mes (DEF) como ETR – ETR.
- Se calcula el superávit del mes (SUP) como P – ETR + DRU. Si este valor es menor que 0 se pone 0 para el SUP del mes.
- Se reinicia el cálculo el mes siguiente hasta completar todo el año hidrológico.
- Por último, se totalizan los flujos de humedad calculados para tener el valor anual representativo.

1.5.3.1.9.1.6 Zonificación climática

La zonificación climática para la caracterización del área de influencia fisicobiótica se basa en la clasificación climática Caldas-Lang que parte de las variables precipitación y temperatura, y toma en cuenta los pisos térmicos y las provincias de humedad.

1.5.3.1.9.1.6.1 Clasificación Climática Caldas (Pisos Térmicos)

Esta clasificación que fue creada por Francisco José de Caldas en 1802. Considera la temperatura y su variación en función de la altura, dando como resultado los denominados “pisos térmicos” (ver **Tabla 1-85**) que tienen validez en los países de la franja tropical (IDEAM & UPME, Atlas Climatológico de Colombia, 2017, pág. 185).

Tabla 1-85 Rangos de pisos térmicos según la elevación en Colombia

PISO TÉRMICO	RANGOS ALTITUDINALES [m.s.n.m.]	RANGOS DE TEMPERATURAS [°C]
Cálido	z ≤ 800	T ≥ 24
Templado	800 < z ≤ 1800	24 > T ≥ 18
Frío	1800 < z ≤ 2800	18 > T ≥ 12
Muy frío	2800 < z ≤ 3700	12 > T ≥ 6
Extremadamente frío	3700 < z ≤ 4700	6 > T ≥ 0
Nival	≥ 4700	T < 0

Fuente: (IDEAM & UPME, Atlas Climatológico de Colombia, 2017, pág. 185), adaptado por S.G.I. S.A.S., 2025.

1.5.3.1.9.1.6.2 Clasificación Climática Lang

Esta clasificación se basa en el cociente de la precipitación media anual [mm] y la temperatura media anual [°C], conocido como el Factor de Lang [P/T] del cual se obtienen seis provincias climáticas como se muestra en la **Tabla 1-86** (IDEAM & UPME, Atlas Climatológico de Colombia, 2017).

Tabla 1-86 Rangos de la clasificación climática de Lang

FACTOR LANG [P/T]	FACTOR HUMEDAD	SÍMBOLO
0 a 20	Desértico	D
20.1 a 40	Árido	A
40.1 a 60	Semiárido	Sa
60.1 a 100	Semihúmedo	Sh
100.1 a 160	Húmedo	H
> 160	Superhúmedo	SH

Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025 con base en (IDEAM & UPME, Atlas Climatológico de Colombia, 2017, pág. 186) y (Ideam, Instituto Humboldt, Invemar, & IGAC, 2017, pág. 17)

1.5.3.1.9.1.6.3 Clasificación climática Caldas-Lang

La clasificación de Caldas-Lang es una de las más utilizadas en el país debido a su sencillez y sentido práctico, además de que describe adecuadamente las características de humedad y de temperatura imperantes en una determinada localidad. Cada tipo de clima se nombra con dos palabras: la primera describe su característica térmica y la segunda describe su estado de humedad promedio (IDEAM & UPME, Atlas Climatológico de Colombia, 2017); en la **Tabla 1-87** se presentan los tipos de clima.

Tabla 1-87 Tipos de clima según Caldas-Lang

Clima Caldas-Lang
Cálido superhúmedo
Cálido húmedo
Cálido semihúmedo
Cálido semiárido
Cálido árido
Templado superhúmedo
Templado húmedo
Templado semihúmedo
Templado semiárido
Templado árido
Frío superhúmedo
Frío húmedo
Frío semihúmedo
Frío semiárido
Frío árido
Muy frío bajo superhúmedo
Muy frío bajo húmedo
Muy frío bajo semihúmedo
Muy frío bajo semiárido
Muy frío bajo árido
Extremadamente frío superhúmedo
Extremadamente frío húmedo
Extremadamente frío semihúmedo
Extremadamente frío semiárido

Clima Caldas-Lang
Extremadamente frío árido
Nival superhúmedo
Nival húmedo
Nival semihúmedo
Nival semiárido
Nival árido

Fuente: (IDEAM & UPME, Atlas Climatológico de Colombia, 2017, pág. 186).

1.5.3.1.9.2 Emisiones atmosféricas

1.5.3.1.9.2.1 Pre-campo

Se realizará la revisión preliminar de información de proyecto incluyendo ingeniería básica y estrategias de desarrollo. Además, se realizará revisión preliminar de la base cartográfica disponible con la finalidad de identificar los siguientes elementos:

- Fuentes de emisión fijas contaminantes atmosféricos y de ruido.
- Comunidades y receptores dispersos
- Áreas de interés ambiental
- Vías
- Coberturas
- Elementos físicos de interés para la matriz atmósfera.
- Vías de interés para la recolección de muestras para el análisis de contenidos de finos y humedad en vías sin pavimentar.

Para la identificación de fuentes de emisión en campo, se establecieron puntos de control definidos a partir del análisis y visualización de imágenes satelitales e información de acceso a predios. Estos puntos permitirán caracterizar las principales fuentes de emisión en el área de estudio (ver **Figura 1-85**). La delimitación de los puntos de control no restringe la observación exclusivamente a su ubicación georreferenciada, por lo que la identificación se extenderá a zonas cercanas, siempre que las condiciones de seguridad y accesibilidad lo permitan.

Tabla 1-88 Descripción Puntos de Control Atmósfera

ID PUNTO	IDNETIFICACIÓN DE POSIBLES FUENTES	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
PC1	Actividad industrial	4931710,89	1985952,06
PC2	Actividad industrial	4931042,82	1986341,65
PC3	Actividad industrial	4931600,1	1987441,96
PC4	Actividad industrial	4932377,74	1987490,35
PC5	Actividad industrial	4931719,83	1988579,41
PC6	Actividad industrial	4931968,41	1988633,56
PC7	Actividad industrial / Cantera o zona de manejo de material granular	4932503,84	1989104,61
PC8	Actividad industrial	4931960,58	1989539,13
PC9	Quemas de basura a cielo abierto, establecimientos comerciales, actividad humana en general.	4943626,32	1995503,75
PC10	Actividades industriales	4930371,8	1995771,4
PC11	Quemas de basura a cielo abierto, actividad agrícola.	4927400,11	1996785,68
PC12	Actividad industrial	4925968,55	1996976,55
PC13	Actividad industrial	4924367,93	1997655,79

ID PUNTO	IDNETIFICACIÓN DE POSIBLES FUENTES	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
PC14	Actividad industrial	4935561,37	1999387,63
PC15	Actividad industrial	4931940,26	1999835,96
PC16	Vía destapada	4933833,24	1999590,05
PC17	Vía destapada	4930880,31	1999732,74
PC18	Vía destapada	4929836,25	1993157,51
PC19	Actividad agrícola	4939900,28	1987046,49
PC1	Actividad industrial	4931710,89	1985952,06

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

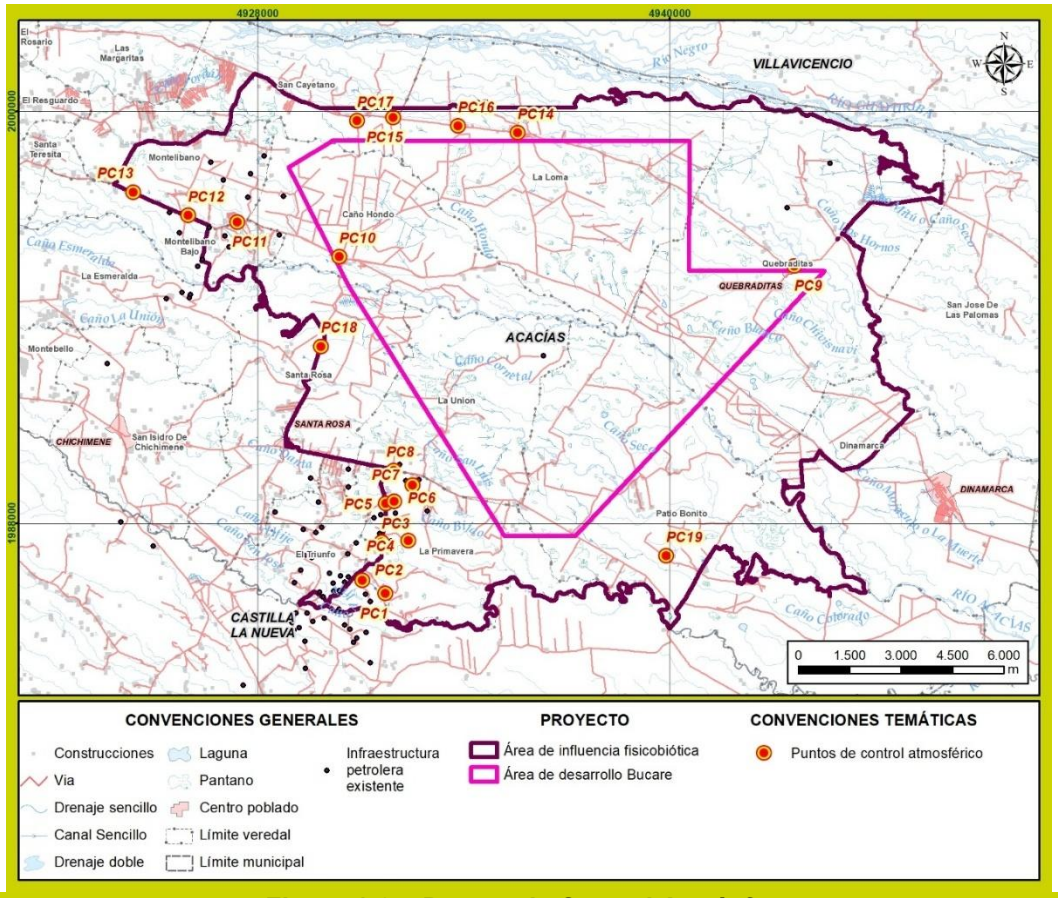


Figura 1-85 Puntos de Control Atmósfera
Fuente: SGI SAS, 2024

Por otra parte, para la identificación de vías que requieren análisis del contenido de finos y humedad, se tuvo en cuenta las vías que conectan las diferentes zonas del proyecto y que se encuentren sin pavimentar, así mismo, la metodología para definir los puntos de recolección se basa en los procedimientos descritos por EMISSION FACTORS AP42, APPENDIX C.1 “Procedures For Sampling Surface/Bulk Dust Loading de la US-EPA, el cual puede detallarse en los documentos del Anexos/5.Anexo Abiótico/ 5.8 Atmósfera/5.8.4 Muestreo de Finos y Humedad en Vías del presente estudio.

Se programaron los recorridos de área de influencia por parte de los profesionales de campo. Los recursos para utilizar incluyeron

- Cámara fotográfica
- GPS
- Cartografía física móviles
- Libretas de apuntes

Con base en la información recopilada se realizaron los siguientes ejercicios

- Plan de aforo vehicular
- Definición de puntos de interés para reconocimiento en campo por el equipo de atmósfera.
- Elementos necesarios para solicitar a otros equipos profesionales (Civil, ambiental, social, entre otros).

Las actividades de pre-campo además incluyeron:

- Diseño de SVCAI para caracterización de línea base.
- Diseño de red de monitoreo de línea base de ruido ambiental
- Diseño estudio de tráfico.
- Caracterización climática se realizará con base en información oficial disponible de las estaciones del IDEAM. La información climática se completará con información de modelos de pronóstico como WRF.

Diseño SVCAI y red monitoreo de ruido

El diseño de los SVCAI se llevó a cabo considerando las especificaciones establecidas en el Manual de Diseño del Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo de la Calidad del Aire (MADS, 2010). Asimismo, el diseño de la red de monitoreo de ruido ambiental seguió una filosofía similar a la del SVCAI en los aspectos aplicables.

Los objetivos trazados para el SVCAI y la red de monitoreo de ruido fueron:

- Determinar el cumplimiento de las normas de calidad del aire y ruido
- Caracterizar la calidad del aire y el ambiente acústico del área de influencia del proyecto en fase previa a la ejecución del proyecto
- Validar los modelos de calidad del aire y ruido ambiental a realizar en el marco del EIA.

Además, los diseños del SVCAI y la red de monitoreo de ruido buscaron atender los siguientes aspectos:

Objetivos: Objetivos de la ubicación de estaciones del SVCAI y la red de monitoreo de ruido ambiental son:

- Determinar las concentraciones más altas de contaminantes criterio y niveles de presión sonora en el AI del proyecto.
- Determinar el impacto en la calidad del aire y en el ambiente acústico de fuentes significativas.
- Determinar concentraciones generales de fondo y niveles de presión sonora residual.

Diagnóstico: El análisis de las concentraciones de calidad del aire y de los niveles de presión sonora actuales, así como la proyección de los posibles impactos asociados al desarrollo del proyecto, incluirá las siguientes actividades:

- Análisis de información general incluyendo Información técnica del proyecto, fases de construcción cronograma, aspectos cartográficos y topográficos, potenciales receptores, aspectos climáticos.
- Análisis de Inventario de Emisiones: Relativo a las fuentes pertenecientes al proceso como tal y a otras fuentes del entorno.
- Elaboración de modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos y de propagación de ruido que servirá como argumento del diseño del SVCAI y la red de monitoreo acústica y para la proyección de impactos futuros
- Análisis de resultados de caracterización de Línea Base depara lo calidad del aire y ruido de tal forma que se puedan establecer concentraciones de fondo y ruido residual.

1.5.3.1.9.2.2 Campo

Inventarios de emisiones:

A continuación, se presenta en términos generales la metodología para el levantamiento de inventarios de emisiones.

Fuentes Fijas: Se realizó el levantamiento en campo de fuentes de emisiones atmosféricas. Las actividades asociadas al levantamiento en campo incluyeron.

- Identificación y georreferenciación de las fuentes fijas de emisión atmosférica existentes en el área de estudio: dispersas de área y puntuales.
- Identificación y georreferenciación de los trazados de las fuentes móviles con sus respectivos aforos. (A nivel de campo esta actividad se realiza por el equipo civil que realiza la caracterización de vías y se retoma por el equipo de atmosfera).
- Identificación y georreferenciación de las fuentes de emisión atmosférica naturales relevantes (zonas con suelos erosionados de forma natural). En fase de campo, este levantamiento se consigue dadas las observaciones de campo del equipo de atmosfera y las observaciones del equipo biótico y ambiental.
- Identificación y georreferenciación de los potenciales receptores de interés, ubicados en asentamientos humanos (viviendas, e infraestructura social, económica, cultural y/o recreativa), en zonas agropecuarias y en áreas con elementos naturales susceptibles (p. e. AICA) para cada alternativa (Este levantamiento se retroalimenta con los resultados del levantamiento del equipo social).
- Señalar en la identificación de fuentes el tipo de fuente identificada y la actividad económica asociada

Para la identificación de las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos y sonora, se realizarán recorridos y se clasificarán las fuentes de emisión teniendo en cuenta las definiciones, relacionando los siguientes tipos

Tabla 1-89 Tipos de fuentes de contaminación atmosférica existentes

CLASIFICACIÓN DE LA FUENTE		DESCRIPCIÓN
Fijas	Puntuales	Son las denominadas fuentes fijas que emiten los contaminantes al aire por ductos o chimeneas.
	Dispersas	Son aquellas donde los focos de emisión de una fuente fija se dispersan a lo largo de un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales.

CLASIFICACIÓN DE LA FUENTE		DESCRIPCIÓN
	Áreas-Fuente	Es una determinada zona o región, urbana suburbana o rural, que, por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire.
Móviles	Aéreas	Son la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores, aviones o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.
	Terrestres	
	Fluviales	
	Marítimas	

Fuente: Decreto 948 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente

Fuentes móviles

Para la caracterización de fuentes móviles, se realizaron aforos indicativos en puntos de alto, medio y bajo flujo vehicular, con base en la caracterización de la malla vial del área de influencia. El objetivo del aforo vehicular es identificar las fuentes móviles que transitan por las vías del proyecto o que se circulen dentro del área de influencia.

En el trabajo de campo, el equipo civil identificó y documentó las características de cada punto de aforo, así como la clasificación de los vehículos según su peso y tipo de combustible. El aforo vehicular se llevó a cabo durante 24 horas continuas por día, tanto en un día hábil como en un día festivos.

Para la elaboración del aforo vehicular sobre las vías del área de influencia de Bucare, se realizó inicialmente la caracterización visual de los accesos terrestres al proyecto de acuerdo con las especificaciones sugeridas por el instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) quien adopta su clasificación de acuerdo con las especificaciones técnicas de los trazados, de acuerdo con las siguientes descripciones.

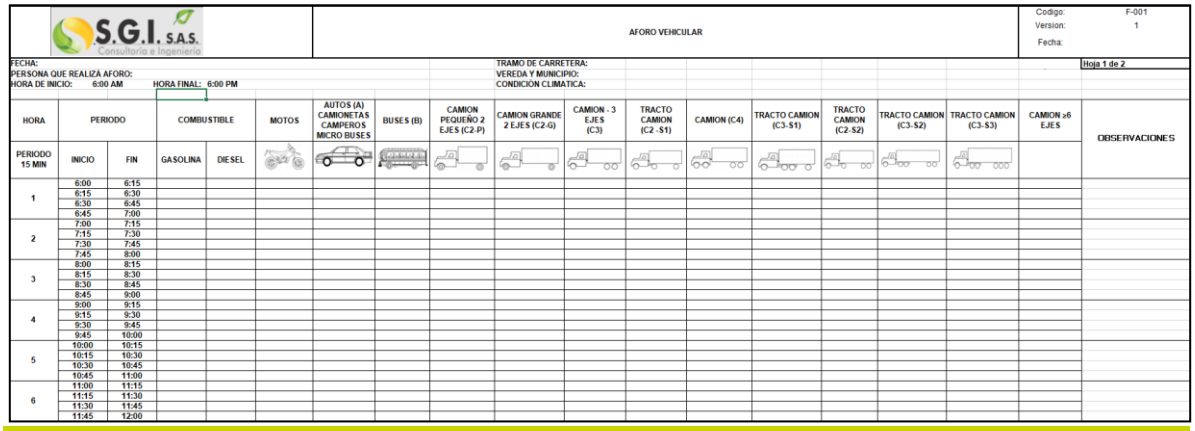
Tabla 1-90 Clasificación vial según IGAC

TIPOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES
TIPO 1	Carretera pavimentada. Revestimiento duro (concreto) o flexible (asfalto). Presenta obras de arte (cunetas, alcantarillas, obras de protección, señalización), Transitable durante todo el año	Mayor a 5,5 m de ancho
TIPO 2	Vía sin pavimentar con dos o más carriles, Presenta afirmado y es transitable todo el año.	Mayor a 5,5 m de ancho
TIPO 3	Vía Pavimentada y angosta, Transitable todo el año	Entre 2,5 y menor de 5,5 m de ancho
TIPO 4	Vía Sin Pavimentar y angosta, para el tráfico vehicular. Presenta afirmado y es transitable todo el año	Entre 2,5 y menor de 5,5 m de ancho
TIPO 5	El pavimento con Placa-huella constituye una solución para vías terciarias de carácter veredal que presentan un volumen de tránsito bajo	Entre 2,5 y menor de 5,5 m de ancho
TIPO 6	Carreteable sin afirmado, transitable en tiempo seco, para el tráfico vehicular, animal o personas	Entre 2,5 y menor de 5,5 m de ancho
TIPO 7	Sendero, adecuación vial generalmente rural, por el cual transitan principalmente peatones y animales.	Sin ancho establecido,

Fuente: Tomado del Catálogo de Objetos Geográficos, Cartografía Básica De Colombia del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

Se realizó un recorrido a lo largo de las vías, identificando su infraestructura como son las obras de drenaje y obras de paso, realizando una inspección visual de su estado actual, además se incluye un registro fotográfico georreferenciado para generar las fichas de descripción por cada vía, donde se adjuntan las coordenadas de localización de estas obras y puntos de interés en el sistema coordenado origen nacional.

Una vez identificadas las vías de acceso, se realizó un aforo vehicular conforme a la metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (ANLA, 2018) y tomando como referencia los documentos técnicos emitidos por el INVIAS. El alcance de este aforo incluye el levantamiento de información sobre la flota vehicular durante un período mínimo de veinticuatro (24) horas continuas, en día hábil y festivo. Se registrarán franjas horarias de mayor y menor flujo, identificando el tipo de vehículo que transita por el punto de monitoreo en intervalos de 15 minutos. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta los puntos de aforo vehicular definidos por el equipo de trabajo.



AFORO VEHICULAR

Codigo: F-001
Version: 1
Fecha:

FECHA:
PERSONA QUE REALIZA AFORO:
HORA DE INICIO: 6:00 AM HORA FINAL: 6:00 PM
TRAMO DE CARRETERA:
VEREDA Y MUNICIPIO:
CONDICION CLIMATICA:
Hoja 1 de 2

HORA	PERIODO		COMBUSTIBLE		MOTOS	AUTOS (A) CAMIONETAS CAMPEROS MICRO BUSES	BUSES (B)	CAMION PEQUEÑO 2 EJES (C2-P)	CAMION GRANDE 2 EJES (C2-G)	CAMION - 3 EJES (C3)	TRACTO CAMION (C2 -S1)	CAMION (C4)	TRACTO CAMION (C3-S1)	TRACTO CAMION (C2-S2)	TRACTO CAMION (C3-S2)	TRACTO CAMION (C3-S3)	CAMION >6 EJES	OBSERVACIONES
PERIODO 15 MIN	INICIO	FIN	GASOLINA	DIESEL														
1	6:00	6:15																
	6:15	6:30																
	6:30	6:45																
	6:45	7:00																
2	7:00	7:15																
	7:15	7:30																
	7:30	7:45																
	7:45	8:00																
3	8:00	8:15																
	8:15	8:30																
	8:30	8:45																
	8:45	9:00																
4	9:00	9:15																
	9:15	9:30																
	9:30	9:45																
	9:45	10:00																
5	10:00	10:15																
	10:15	10:30																
	10:30	10:45																
	10:45	11:00																
6	11:00	11:15																
	11:15	11:30																
	11:30	11:45																
	11:45	12:00																

Figura 1-86 Formato de toma de información en aforo vehicular
Fuente: SGI SAS, 2025

El producto de la campaña de aforo incluyó la estimación del tráfico promedio diario (TPD), el modelo de tráfico horario para días hábiles y no hábiles, la distribución de la flota vehicular y el inventario de fuentes móviles. Estos productos se procesaron en fases posteriores para estimar las emisiones y los factores de actividad utilizados en los modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos y propagación de ruido.

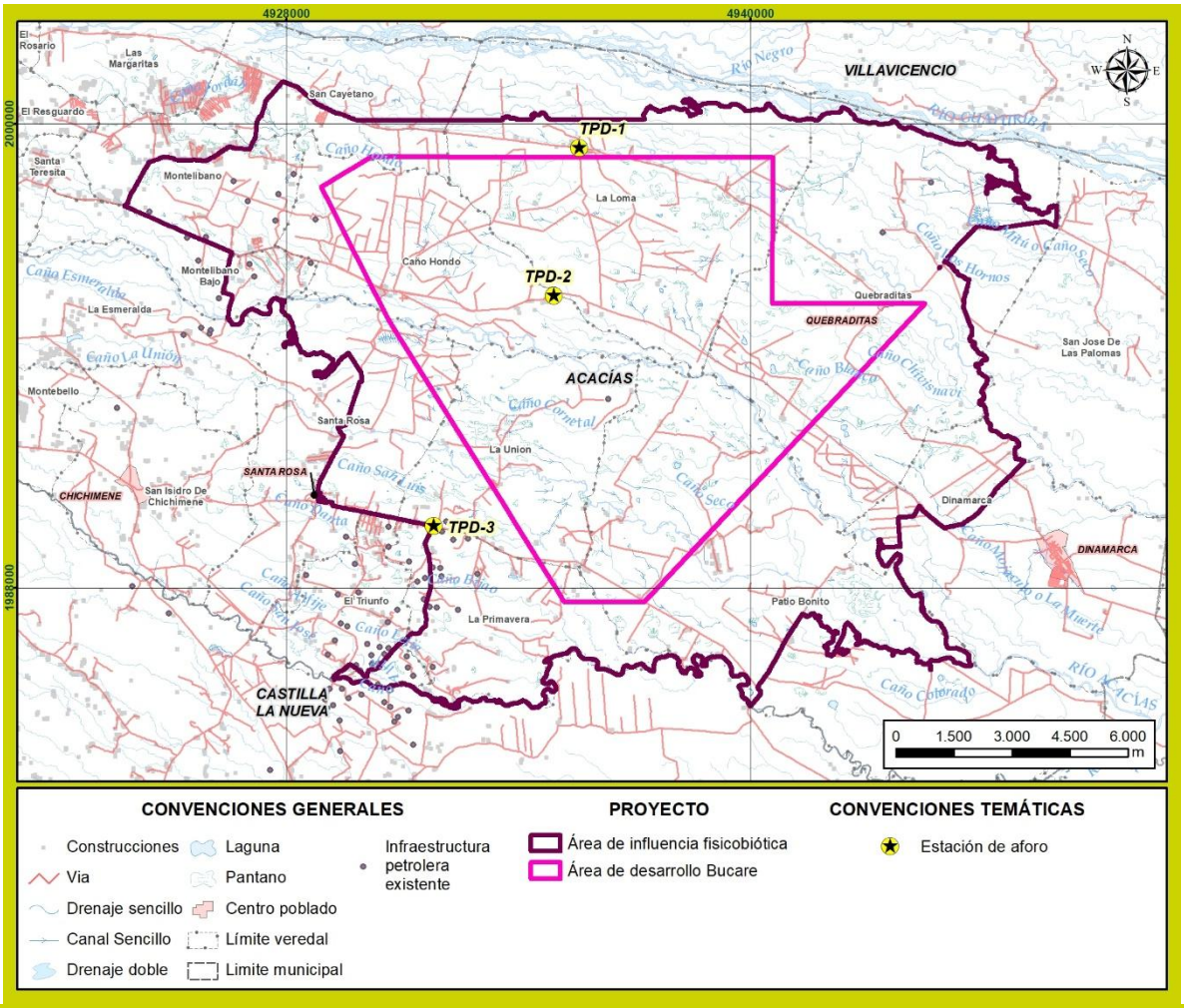


Figura 1-87 Puntos de aforo Vehicular
Fuente: SGI SAS, 2025

Calidad del aire

Se presentaron los resultados y el análisis de la información de los estudios sobre la calidad del aire realizados en el área de influencia del componente atmosférico durante la fase de campo, tomando como base el diseño del SVCAI. Para ello, se considerarán los criterios de macro y micro localización definidos en el diseño de escritorio, conforme al Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo de la Calidad del Aire (PSMCA) y el Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire, reglamentado por la Resolución 650 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y ajustado por la Resolución 2154 de 2010 del mismo ministerio.

El proceso de generación de información se realizó de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire considerando los reportes y análisis de resultados de acuerdo con los lineamientos del Manual de operación del Protocolo para el Seguimiento y monitoreo de la calidad del aire (MADS, 2010).. La frecuencia de monitoreo se definió en función de la temporalidad hidrológica derivada del análisis de clima; sin embargo, se tuvo como prioridad la caracterización en temporada seca, siendo esta la condición más crítica en términos de calidad del aire.

Para la operación del SVCAI, se instaló al menos una estación meteorológica portátil tipo I durante el periodo de monitoreo, junto con tres estaciones de monitoreo por contaminante: una estación de fondo, una estación ubicada a barlovento (vientos arriba) y una estación de propósito específico a sotavento (vientos abajo). Esta última tuvo como objetivo verificar los niveles de exposición para las comunidades o receptores sensibles presentes en el área de influencia del proyecto, conforme al Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo de la Calidad del Aire (MADS, 2010).

El número de estaciones y sus características de macro y micro localización aseguraron la representatividad espacial del área de influencia, con base en las especificaciones del Manual de Diseño del Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo de la Calidad del Aire (MADS, 2010).

Los contaminantes criterios definidos por la Resolución 2254 de 2017 son los parámetros que permitieron evaluar el estado actual de la calidad del aire en etapas previas al proyecto, así como para proyectar los impactos futuros sobre esta matriz.

Finalmente, la **Tabla 1-91**, **Tabla 1-92** y **Figura 1-88** presentan los parámetros de aplicación del SVCAI así como la ubicación de las estaciones y su propósito de medición.

Tabla 1-91 Parámetros de aplicación del SVCAI del Área de Desarrollo Bucare

CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
Tecnología de medición	Automático (PM10, PM2.5, CO, NOx, O3) Manual (SO2, COV)	COV por acuerdo entre ECP y SGI. Se avaluará particularmente Benceno y Tolueno en términos de cumplimiento normativo.
Periodicidad de monitoreo	Mínimo anual	A confirmar por Autoridad ambiental mediante otorgamiento de licencia, según lo establecido en el protocolo para monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, dando cumplimiento a los lineamientos normativos
Tiempo de monitoreo	18 días	Si al analizar los resultados de las primeras 15 muestras se obtienen un promedio igual o mayor al 80% del valor de la norma anual de calidad del aire o nivel de inmisión, se deberá prolongar el monitoreo hasta completar 24 muestras.
Parámetros para medir	PM10, PM2.5, CO, NOx, O3, SO2, COV.	
Numero Estaciones	Tres (3)	Cumplimiento de los criterios definidos por Manual de diseño del PVSCA y por Metodología de Estudios Ambientales (ANLA 2018).
Tipos de estaciones	1. Indicativa rural Fondo 2. Indicativa rural Trafico EPE (Mayor concentración asociada a fuentes dominantes). 3. Indicativa -rural – EPE (Estación ubicada en las principales concentraciones de población de la región analizada y que se puede encontrarse bajo la influencia de la actividad industrial)	En etapa pre-campo se prevé que no existen fuentes industriales en la actualidad en el área de estudio. Información por validar en campo.
Periodicidad del muestreo	Diario o día de por medio.	El muestreo será diario si se hace en época seca, de lo contrario deberá realizarse día de por medio. Para efectos del EIA se prevé que se realice en temporada seca, la cual se considera como más crítica en términos de calidad del aire.

CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
Instrumentos meteorológicos	Pluviómetro automático Estaciones meteorológicas automáticas portátiles	

Fuente: SGI SAS, 2025

Tabla 1-92 Estaciones de monitoreo atmosférico escogidas

NÚMERO	IDENTIFICACIÓN	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
1	P1. Estación de Fondo	4928275.50	1994126.55
2	P2. Estación-Propósito especial (Trafico-mayor concentración asociada a fuentes dominantes)	4937189.60	1987709.86
3	P3. Estación-vientos abajo – Propósito especial-Exposición comunidad)	4943530.77	1995464.81

Fuente: SGI SAS, 2025

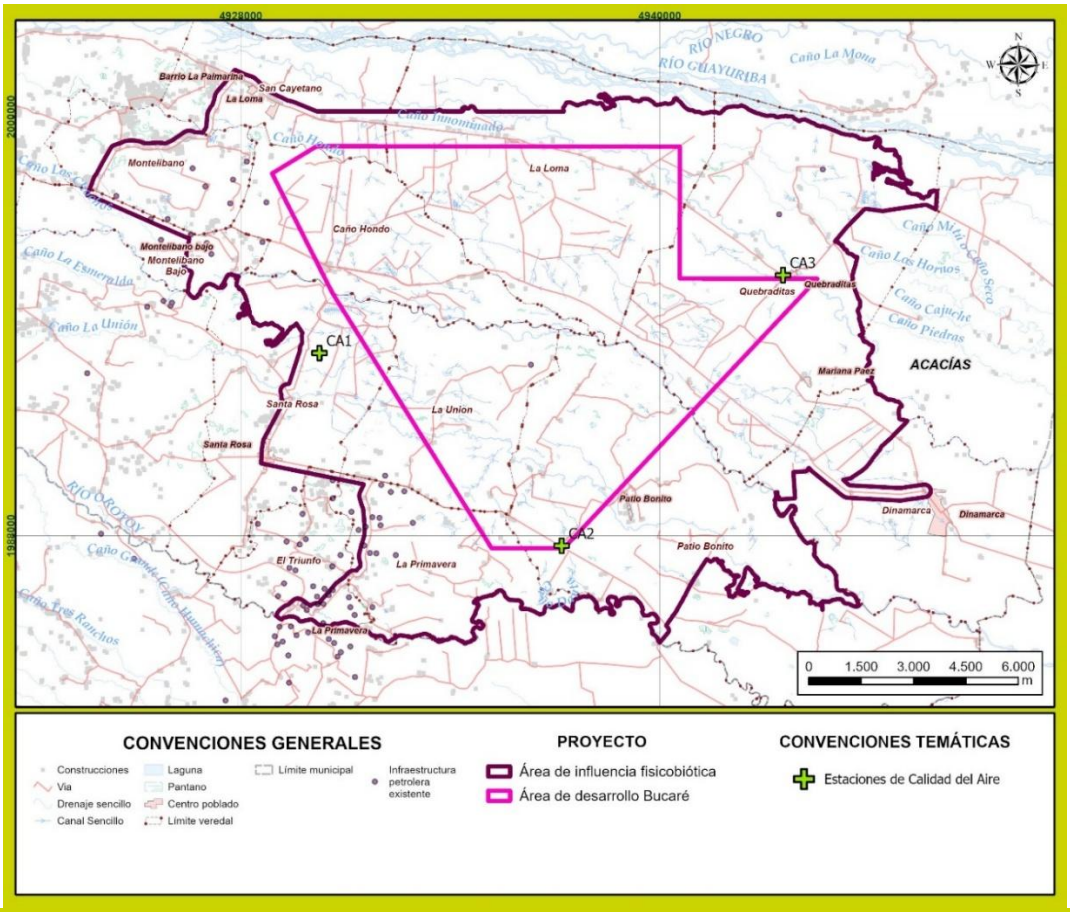


Figura 1-88 Localización estaciones de monitoreo de calidad del aire
Fuente: SGI SAS., 2025

Ruido ambiental

Se realizó un muestreo de los niveles de presión sonora (ruido ambiental) en las zonas que se identificarán como las más susceptibles (entre las que se deberán considerar: áreas habitadas, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), áreas de importancia para mamíferos marinos y tortugas marinas, 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 en la zona objeto de estudio. Los muestreos se realizaron de conformidad con los parámetros y procedimientos establecidos por la Resolución 627 de 2006 del MADS.

Las mediciones de ruido ambiental se realizaron en horario diurno u nocturno y en jornadas hábiles y no hábil, con el fin de tener condiciones en diferentes horarios y con diferentes niveles de actividad.

Se presentó un informe de los puntos muestreados, con una descripción clara de las fuentes sonoras que influyen en las mediciones, tipo de emisión y modo de operación. Respecto a la presentación de los informes técnicos de las mediciones de ruido ambiental, se tuvo en cuenta como documento guía lo establecido en el Anexo 4 de la Resolución 627 del 2006, que trata sobre la "Propuesta de Informe Técnico de Medición de Ruido". Los resultados del estudio de ruido se presentarán en mapas de ruido de la zona objeto de estudio.

Los estudios de ruido permitieron una representación del ambiente acústico del área de influencia incluyendo representación de zonas indicadas a continuación:

- Zonas sin influencia de actividad antrópica que representen el nivel de presión sonora residual.
- Zonas influenciadas por tráfico vehicular.
- Zonas donde se represente el nivel de presión sonora asociado a la actividad humana asociada a las condiciones normales de la comunidad.
- Zonas donde se represente el nivel de presión sonora asociado a la actividad productiva o industrial preexistente.

Finalmente la **Tabla 1-97** y **Figura 1-89** muestra la ubicación de los puntos de monitoreo de ruido ambiental considerados, así como su propósito de medición.

Tabla 1-93 Localización estaciones de monitoreo de ruido

PUNTO DE MONITOREO	PROPÓSITO INICIAL	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
RA 1	Tráfico - Punto de Aforo Vehicular	4931816,75	1989595,05
RA 2	Tráfico - Punto de Aforo Vehicular	4934982,24	1995619,18
RA 3	Tráfico	4924538,48	1999061,62
RA 4	Tráfico - Punto de Aforo Vehicular	4935555,21	1999386,55
RA 5	Ruido receptores sensibles (Centro Poblado Quebraditas)	4943740,47	1995478,76
RA 6	Ruido Residual	4943288,29	1999236,39
RA 7	Ruido receptores sensibles	4938999,73	1989224,04
RA 8	Ruido receptores sensibles (Centro Poblado Santa Rosa)	4928835,81	1990270,32
RA 9	Ruido Residual	4928863,45	1994202,24
RA 10	Ruido Residual	4945642,72	1993878,22
RA 11	Ruido Residual	4938699,25	1986366,42
RA 12	Ruido Residual	4932810,70	1999038,35

PUNTO DE MONITOREO	PROPÓSITO INICIAL	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
RA 13	Ruido Industrial	4930387,65	1995755,95
RA 14	Ruido Industrial	4931954,89	1999820,65
RA 15	Residual-línea base área operativa	4940029,58	1998377,47
RA 16	Residual-línea base área operativa	4936346,57	1997784,80
RA 17	Residual-línea base AIFB	4930093,95	1993030,40
RA 18	Residual-línea base área operativa	4934072,23	1991157,94
RA 19	Residual-línea base área operativa	4929246,22	1997761,16
RA 20	Ruido Industrial (Estación Acacias)	4930716,82	1986323,07
RA 21	Residual-línea base AIFB	4935242,90	1986969,42
RA 22	Residual-línea base AIFB	4940369,00	1986394,00
RA 23	Ruido industrial	4945608,19	1997388,84
RA 24	Residual-línea base área operativa	4933259,18	1994848,33
RA 25	Residual-línea base AIFB	4937295,02	1994909,56

Fuente: SGI SAS, 2025

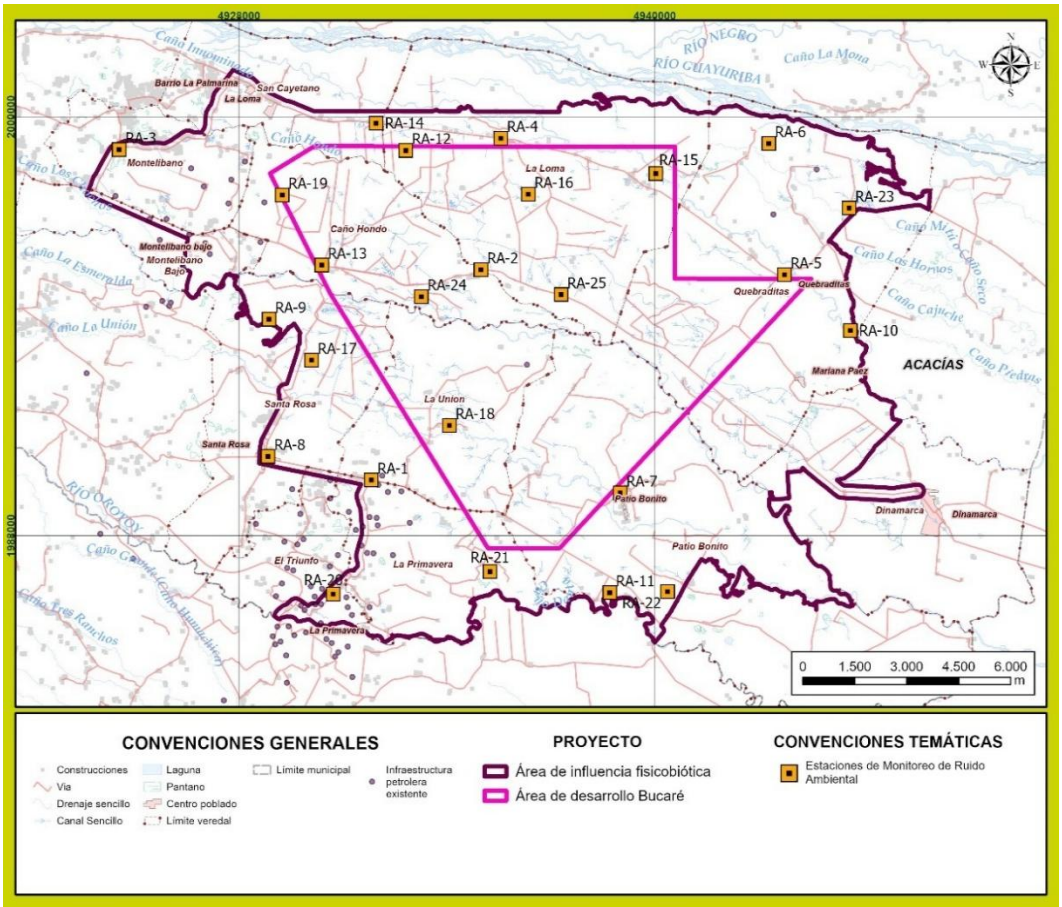


Figura 1-89 Localización estaciones de monitoreo de ruido
Fuente: SGI SAS., 2025

Contenido de finos y humedad en vías

Se realizó un muestreo de finos con el propósito de caracterizar el contenido de finos y la humedad en vías sin pavimentar dentro del área de influencia del proyecto. La distribución espacial de los puntos de recolección seguirá los criterios establecidos en AP-42, Apéndice C.1 "Procedures for Sampling Surface/Bulk Dust Loading". La **Tabla 1-94** y **Figura 1-90** presentan los tramos y los puntos definidos para muestreo de finos en función de la clasificación de las vías. Los detalles metodológicos se presentan en el Anexos/5.Anexo Abiótico/ 5.8 Atmósfera/5.8.4 Muestreo de Finos y Humedad en Vías.

Tabla 1-94 Puntos de recolección de muestra de finos y humedad

ID	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		ID Tramo[3] Muestra
	ESTE	NORTE	
T1-MS1	4932244,81	1999780,34	VÍA TIPO 2 TRAMO 1
T1-MS2	4932665,81	1999729,27	
T1-MS3	4934047,37	1999565,67	
T1-MS4	4934433,93	1999519,84	
T1-MS5	4935609,7	1999374,98	
T2-MS1	4936378,48	1999209,19	VÍA TIPO 2 TRAMO 2
T2-MS2	4937274,34	1999014,63	
T2-MS3	4937883,75	1998856,41	
T2-MS4	4938896,38	1998496,52	
T2-MS5	4939933,86	1997927,11	
T3-MS1	4940242,06	1997800,94	VÍA TIPO 2 TRAMO 3
T3-MS2	4941395,67	1997018,66	
T3-MS2	4941989,16	1996598,33	
T3-MS4	4942646,66	1996098,37	
T3-MS5	4943039,57	1995778,78	
V4-MS1	4930383,67	1995144,59	VÍA TIPO 4
V4-MS2	4930354,56	1994623,72	VÍA TIPO 4
V4-MS3	4930165,54	1994082,97	VÍA TIPO 4
V4-MS4	4929793,57	1993039,87	VÍA TIPO 4
V4-MS5	4929660,9	1992634,08	VÍA TIPO 4
V5-MS1	4930884,04	1999703,32	VÍA TIPO 5
V5-MS2	4930817,53	1998443,07	VÍA TIPO 5
V5-MS3	4930741,92	1997809,71	VÍA TIPO 5
V5-MS4	4930646,78	1997134,71	VÍA TIPO 5
V5-MS5	4930470,27	1995902,46	VÍA TIPO 5
V6-MS1	4935567,56	1999333,71	VÍA TIPO 6
V6-MS2	4935655,84	1998316,79	VÍA TIPO 6
V6-MS3	4935952,44	1997140,97	VÍA TIPO 6
V6-MS4	4936100,22	1996210,44	VÍA TIPO 6
V6-MS5	4936108,58	1995932,75	VÍA TIPO 6

Fuente: SGI SAS, 2025

[3] Nota: La cantidad de muestras para la vía tipo 2 son mayores respecto a las otras vías debido a la extensión de las mismas, mientras que la longitud total de la vía tipo 2 es aproximadamente 13Km, las demás vías mantienen una longitud cercana a los 4.5km

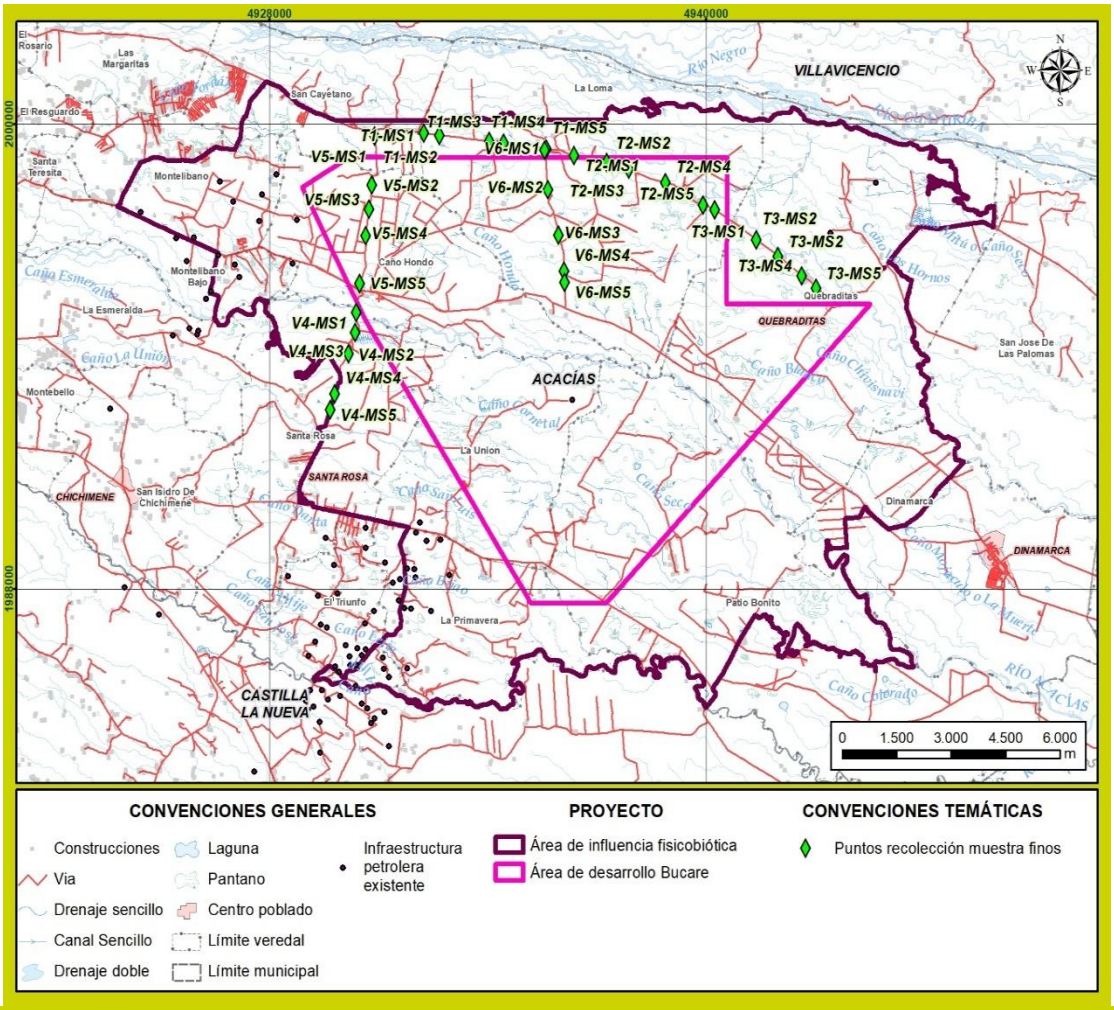


Figura 1-90 Puntos de muestreo de finos
Fuente: SGI SAS, 2025

1.5.3.1.9.2.3 Post-campo

Inventarios de emisiones:

A continuación, se describen en forma general las metodologías utilizadas para procesar la información obtenida en campo, relativa a inventario de emisiones.

Fuentes Fijas

La estimación de las emisiones por diferentes tipos de fuentes fijas, así como cálculos y reportes se realizaron considerando las secciones aplicables de la "Guía para la elaboración de Inventarios de emisiones atmosféricas (MADS, 2017)". Las estimaciones de las emisiones se realizaron tomando valores por defecto de factores de emisión aplicables de "Emission Factors AP42 (US EPA) o EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (EEU, 2023).

Cuando no se encuentre disponible información de operaciones, proceso o actividades que permitan establecer factores de actividad, se realizará únicamente el reporte de los listados de fuentes de emisión identificadas.

Fuentes móviles

El procesamiento de la información resultante de los aforos vehiculares se realizó utilizando factores de emisión para flotas vehiculares de países en vía de desarrollo de entidades de reconocida idoneidad en la materia. combinados con variables locales (distancias viajadas por la flota, velocidades, entre otras). Los cálculos y reportes de los inventarios de fuentes móviles se realizaron teniendo en cuenta las consideraciones aplicables de la “Guía para la elaboración de Inventarios de emisiones atmosféricas (MADS, 2017)”

El modelo de emisiones para fuentes móviles propuesto por Emission Factors AP 42 basado en propiedades físicas de material de rodadura, características de tráfico y flota vehicular y condiciones climáticas será la base conceptual para construir los inventarios de fuente móviles.

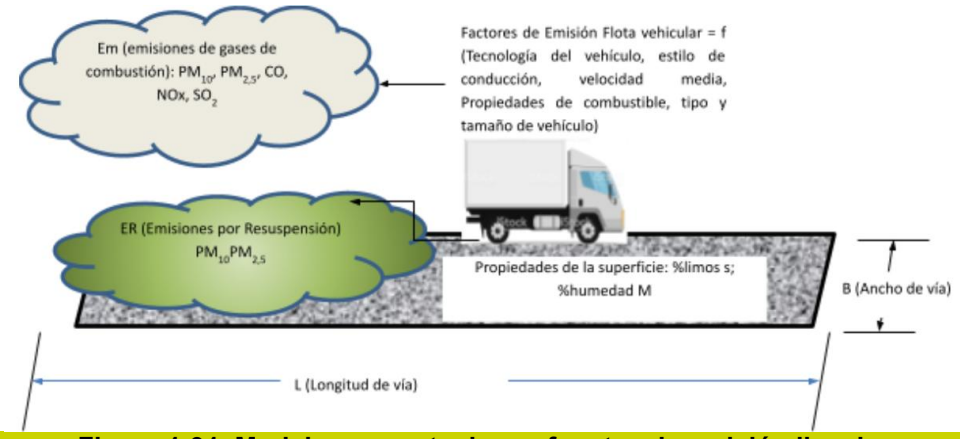


Figura 1-91 Modelo conceptual para fuentes de emisión lineales.
Fuente: SGI S.A.S 2025.

La **Figura 1-91** expone el modelo conceptual de las emisiones de las fuentes lineales, las cuales incluyeron las emisiones por fuentes móviles (Em) y las emisiones por Resuspensión de material particulado proveniente de la vía (Er), las cuales incluyen la perdida de partículas por desgaste de frenos y neumáticos de los vehículos.

Calidad del aire

Los datos de calidad del aire fueron procesados conforme a las metodologías y criterios establecidos en el Manual de Operación del Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo de la Calidad del Aire (MADS, 2010), a partir de los resultados reportados por el laboratorio acreditado responsable de la campaña de monitoreo en campo.

Con base en los resultados del monitoreo y en las métricas definidas por la Resolución 2254 de 2017 para cada contaminante, se elaboraron mapas temáticos de concentración en los puntos de monitoreo, con el objetivo de facilitar la interpretación espacial de la calidad del aire en el área de estudio. Estos mapas no corresponden a proyecciones de dispersión ni a isolíneas modeladas, sino a una representación espacial de los valores medidos durante la campaña.

Los resultados obtenidos constituyeron la base para la definición de la concentración de fondo, la cual se incorporó como variable de entrada en la modelación de dispersión atmosférica, permitiendo la proyección de los impactos potenciales por contaminación atmosférica asociados al desarrollo del proyecto en el marco del Estudio de Impacto Ambienta

Ruido ambiental

Los datos de ruido ambiental se procesaron y reportaron con base en los principios establecidos en la Resolución 627 de 2006 del MADS y fueron insumo para la Caracterización del área de influencia físico-biótica del proyecto. El reporte de la información se tomó de forma literal de los datos reportados del laboratorio acreditado encargado de la campaña de monitoreo de ruido ambiental en campo. Los resultados del monitoreo de ruido para las diferentes métricas (diurno, nocturno, hábil. No hábil) fueron presentados en mapas temáticos que facilitan la lectura de la información.

La evaluación del nivel de contaminación acústica y aspectos asociados se realizó tomando en consideración los límites máximos establecidos por la Resolución 627 de 2006 en función de los usos del suelo reglamentados según el POT, EOT o instrumento disponible y tomando en consideración los usos actuales identificados en la fase de campo.

1.5.3.2 Medio biótico

Los factores del medio ambiente se pueden clasificar en bióticos y abióticos, los cuales hacen parte de un sistema completo denominado biosfera, siendo los factores bióticos aquellos que se encuentran representados por seres vivos: un depredador, un competidor o un mutualista. Dichos factores (bióticos) también pueden denominarse factores biológicos, puesto que incluyen animales, plantas y microorganismos, es decir los seres vivos en general; de aquí que el término biótico se relacione con la palabra biota, la cual hace referencia al conjunto de flora y fauna.

La caracterización del componente biótico se realizó siguiendo los lineamientos de los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para los proyectos de explotación de hidrocarburos HI-TER-1-03 (MADS, 2010), así como de la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (MADS, METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES, 2018).

1.5.3.2.1 Zonas de vida

Las zonas de vida elaboradas por Holdridge para el área tropical de las Américas, es un sistema de clasificación que permite agrupar en unidades naturales las distintas asociaciones de la tierra. Estas asociaciones se relacionan entre sí a través de los efectos de la altitud, la temperatura, precipitación y la humedad. Tales factores dejan un sello característico en cada zona de vida y determina una serie de prácticas agronómicas, un uso de la tierra o también se puede reconocer por el aspecto de la vegetación.

La definición de estas zonas da una idea del tipo de comunidades vegetales que se desarrollan en el área, acorde a sus adaptaciones morfológicas y fisiológicas en respuesta a condiciones particulares de las variables climáticas y/o edáficas. Con el fin de determinar la formación vegetal dentro de la cual está el área de influencia definida para el ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL ÁREA DE DESARROLLO BUCARE, se consultó el documento *Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia* (Espinal & Montenegro, 1977), el cual está basado en el sistema propuesto por (Holgridge, 1979). Este autor 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, y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo, el sistema se basa en la fisonomía o apariencia de la vegetación y no en la composición florística (Holgridge, 1979).

Para determinar las zonas de vida del área de influencia, con base en los registros históricos de las estaciones climáticas más cercanas, se determinó la temperatura media y la precipitación total anual, con estas variables se definió la biotemperatura promedio anual; estos valores se cruzaron en el

diagrama de la **Figura 1-92,** en donde se identificó el punto resultante de la interceptación de las líneas de biotemperatura y precipitación, señalando este, la pertenencia a un determinado hexágono. Posteriormente se observó el piso altitudinal al que pertenece la zona de vida (a la derecha del diagrama), que está determinado por las diferencias en la biotemperatura.

Con el propósito de realizar la verificación de los parámetros climáticos y ajustarlos a la escala del estudio, se tomó la información climatológica elaborada para el presente estudio, la cual finalmente es corroborada con la información obtenida anteriormente.

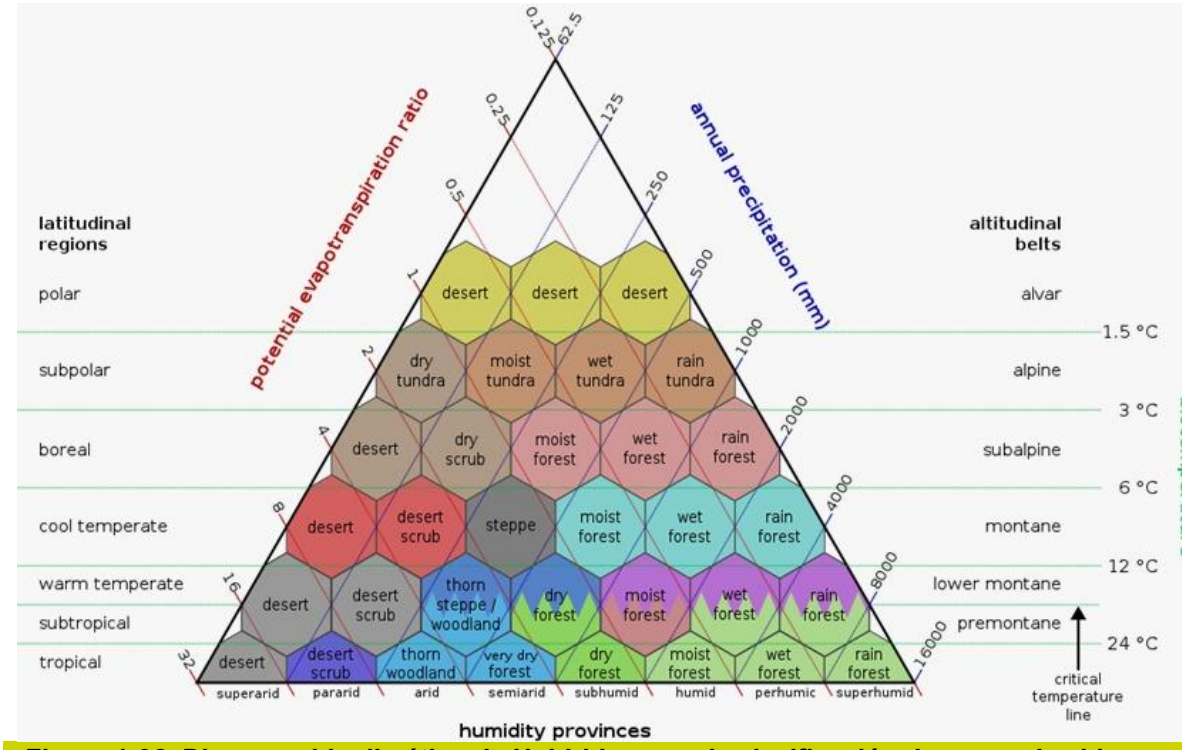


Figura 1-92 Diagrama bioclimático de Holdridge para la clasificación de zonas de vida. Fuente: Modificado de "Ecología basada en zonas de vida", Leslie Holdridge 1978

1.5.3.2.2 Determinación de bioma

Los biomas se pueden definir como una superficie de la tierra amplia que posee uniformidad en lo relacionado con aspectos físicos y bióticos, así como también se puede considerar a un bioma como un conjunto de ecosistemas terrestres afines por sus rasgos estructurales y funcionales, los cuales se diferencian por sus características vegetales, según Domínguez (1999), Hernández (1992) y Walter (1997) citados por (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto, 2007). Cada bioma se caracteriza por presentar un clímax vegetal o formación vegetal madura, estable en equilibrio con el clima de una región y por ende con toda la misma fisionomía de todo su territorio. Al estudiar la distribución de la flora y fauna sobre un espacio determinado, es posible reconocer conjuntos o paisajes caracterizados por el aspecto general que presenta la vegetación natural. Por lo tanto, los biomas han sido diferenciados por las características de la vegetación, ya que estas por

lo general son más fácil perceptibles que las de la fauna (Hernández-Camacho & H Sánchez-Páez, 1992).

1.5.3.2.3 Etapa de Campo

El objetivo de esta etapa es validar y complementar la información recopilada en la etapa de pre-campo mediante observaciones y muestreos en el área de influencia físico - biótica. Para ello, se realiza la caracterización de la vegetación mediante la identificación y registro de las especies dominantes y su estructura (estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo), junto con la evaluación de condiciones abióticas como temperatura, humedad, tipo de suelo y régimen hídrico, factores que influyen en la configuración del bioma. Además, se lleva a cabo el registro fotográfico y la georreferenciación de puntos representativos (puntos de control), permitiendo una mayor precisión en la delimitación y caracterización del bioma en el área de influencia físico - biótica.

1.5.3.2.4 Etapa Post-campo

Posteriormente, los biomas fueron ajustados, teniendo en cuenta el mapa de geomorfología a escala 1:10.000 construido para el presente proyecto, así como el mapa de zonificación climática a escala 1:10.000 y el mapa de suelos a escala 1:10.000.

1.5.3.2.5 Identificación de unidades bióticas

Estas unidades no son escalables, es decir, la información de esta capa es el resultado del trabajo realizado por (Humboldt, 2014), donde analizan los patrones de distribución espacial de las especies al igual que el grado de similaridad taxonómica (Beta diversidad) 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 1992.

1.5.3.3 Coberturas de la tierra

Las coberturas son definidas como los atributos de la tierra que ocupan una porción de su superficie; esta se deriva de ambientes naturales producto de la evolución ecológica o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el ser humano (cultivos, zonas urbanas e infraestructura). Estos interactúan conformando los elementos del paisaje y dadas sus características, se conforman tipos como bosques, arbustales, además de los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, así como otras superficies terrestres por ejemplo afloramientos rocosos y cuerpos de agua (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto, 2007).

1.5.3.3.1 Aspectos técnicos de la interpretación de coberturas

Para la realización de este producto nos avalamos en el uso del “Instructivo Elaboración de Mapas de Coberturas y Usos de la Tierra a Diferentes Escalas” del IGAC (IGAC, 2024), A continuación se abordará algunos aspectos técnicos que difieren con este instructivo utilizado para su elaboración y esto para lograr un proceso de interpretación de coberturas de la tierra coherente y sistemático empleando un conjunto de reglas básicas generales definidas.

1.5.3.3.1.1 Clasificación temática de unidades de cobertura

La clasificación utilizada para la delimitación e identificación de las unidades de cobertura de la tierra se fundamenta en un enfoque jerárquico, cuyo principal referente metodológico corresponde a la

adaptación nacional del sistema CORINE Land Cover, desarrollada para Colombia en el marco del acuerdo interinstitucional de la Mesa de Coberturas. Esta adaptación contempla la metodología a escala 1:100.000 (IDEAM, 2010).

No obstante, la cartografía temática y la leyenda de coberturas se elaboran a una escala de detalle 1:10.000. A pesar de la diferencia de escala, se mantiene la estructura jerárquica y la nomenclatura establecida en la leyenda oficial, con el fin de garantizar la compatibilidad metodológica y la comparabilidad de los resultados con la base nacional.

1.5.3.3.1.2 Técnica de interpretación de las unidades de cobertura

La interpretación de las unidades de cobertura se desarrolló mediante el método de interpretación visual en pantalla (Photo Interpretation Assistée par Ordinateur – PIAO), el cual consiste en la identificación y delimitación vectorial de las coberturas de la tierra a partir del análisis detallado de imágenes satelitales. Esta técnica permite reconocer de manera precisa los patrones espaciales, texturas, tonalidades y configuraciones del paisaje, integrando criterios morfológicos, contextuales y de asociación espacial.

El proceso se apoyó en la experiencia del intérprete y en la revisión comparativa de diferentes fuentes cartográficas y ortoimágenes de alta resolución, garantizando la consistencia temática y la coherencia espacial de los polígonos generados. Esta metodología asegura un control más riguroso sobre la calidad interpretativa y la correspondencia entre los elementos observados en las imágenes y las categorías definidas en la leyenda de coberturas.

1.5.3.3.1.3 Unidad espacial y unidad mínima cartografiable

La unidad espacial corresponde al polígono o superficie del terreno delimitada e identificada por una clase específica de cobertura de la tierra, la cual presenta características homogéneas o una combinación de coberturas que, en conjunto, son claramente distinguibles de las unidades adyacentes. Estas unidades se establecen a partir del proceso de interpretación visual, considerando la uniformidad de los elementos observados y su coherencia espacial dentro del paisaje.

De manera complementaria, cada polígono interpretado debe cumplir con una Unidad Mínima Cartografiable (UMC), entendida como la superficie más pequeña que puede ser identificada, delimitada y representada en un mapa de acuerdo con la escala de trabajo. Para la escala 1:10.000, se adopta el valor de referencia establecido por el IGAC (IGAC, 2024) realizando los ajustes necesarios según las condiciones particulares del área de estudio y el nivel de detalle requerido (**Tabla 1-95**).

Tabla 1-95 Unidad mínima cartografiable

CLASES	UMC		Niveles						
	km2	ha	1	2	3	4	5	6	7
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	0	**0	X	X	X	X	X	X	
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	0,010	*1,00	X	X	X	X	X		
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES			X	X	X	X	X	X	X
4. ÁREAS HÚMEDAS			X	X	X	X			
5. SUPERFICIES DE AGUA	0	**0	X	X	X	X			

**Exceptuando los códigos 311123, 321121,321122, 3312 y 411 con una UMC de 0 ha*
***No UMC*
Fuente: Modificado de IGAC, 2024.

En cuanto a los elementos lineales como vías, canales, cercas o separadores, su delimitación responde a criterios proporcionales a la escala. Para la escala 1:10.000 se establece un ancho mínimo de tres metros, lo que equivale a una superficie real aproximada de una hectárea; sin embargo, debido a su naturaleza lineal, no se aplica estrictamente el criterio de área mínima cartografiable para estos elementos.

1.5.3.3.1.3.1 Excepciones al área mínima cartografiable y otros criterios o excepciones para considerar

En el proceso de elaboración del mapa de coberturas y usos de la tierra, se establecieron excepciones a la UMC con el propósito de representar de manera más detallada aquellas coberturas que, por su relevancia ambiental, social o funcional, requieren una mayor precisión en su delimitación. Estas excepciones se aplican sin desatender las reglas cartográficas generales definidas por el IGAC (2024), pero permiten ajustar la representación espacial a las particularidades del territorio.

En este sentido, se determinó que las clases pertenecientes a Territorios Artificializados y Superficies de Agua, correspondientes a los niveles superiores de la Leyenda Nacional de Clasificación de Coberturas de la Tierra a escala 1:10.000, se cartografíen con una UMC de 0 hectáreas. Esto implica que todos los elementos identificables dentro de dichas clases deben ser delimitados, sin restricción por área mínima.

En el caso de los drenajes y las zonas de intersección donde las vías o puentes cruzan sobre ríos, canales o coberturas vegetales, la infraestructura vial prevalece en la continuidad de la representación cartográfica. Como resultado, algunas unidades de agua o vegetación pueden aparecer fragmentadas o interrumpidas, sin cumplir con la UMC. No obstante, dada la relevancia ecológica y funcional de estas coberturas dentro de la planificación territorial, dichos polígonos se conservan en la base de datos como una excepción válida a la norma general de unidad mínima cartografiable.

De igual manera, se otorga la misma excepción a las coberturas Palmares (311123), Herbazal denso inundable no arbolado (321121), Herbazal denso inundable arbolado (321122), Arenales (3312) y Pantanos (411), dadas su importancia ecológica y socioeconómica dentro del territorio nacional, las cuales deben representarse íntegramente independientemente de su tamaño.

Otros criterios y excepciones consideradas:

- Los polígonos ubicados en el límite de la capa cartográfica se conservan, aun cuando no cumplan con la UMC, debido a la posible continuidad de la cobertura más allá del límite del área de influencia.
- En el caso de coberturas lineales (vías, drenajes, canales, entre otros) que se vean interrumpidas por infraestructuras como carreteras o puentes, fragmentando las unidades originales en polígonos menores a 1 ha, estos se mantienen en la base cartográfica para la escala 1:10.000, garantizando la coherencia temática.
- En situaciones específicas, y dependiendo de la complejidad del paisaje o la relevancia de la cobertura, se permite al intérprete, en conjunto con el control de calidad, la decisión de conservar polígonos menores a la UMC, hasta un límite de 0.3 hectáreas. En casos excepcionales, se podrán incluir unidades de área inferior a este valor cuando su exclusión afecte la continuidad o la representación temática del mapa.

1.5.3.3.2 Elaboración del mapa de coberturas de la tierra

La delimitación, identificación y clasificación de coberturas de la tierra en el área de influencia físico – biótica del proyecto, se realizará en tres (3) etapas o fases: pre-campo, campo y post-campo.

1.5.3.3.3 Etapa Pre-campo

En esta etapa se realizó la adquisición de la imagen satelital la cual se describe a continuación:

- Satélite EarthScanner - JL-1KF01, con una resolución espacial de 0.5 m/píxel, una resolución espectral de 4 bandas (azul, verde, rojo y NIR) y una resolución radiométrica de 8 bits. El ángulo de toma es menor o igual a 20°, y el nivel de procesamiento es básico con datos orbitales u ortorrectificada a partir de la utilización de RPC's y un DEM. La temporalidad de la imagen corresponde al 12 de abril de 2024, presentando una afectación inferior al 4% por vacíos, nubes, sombras, humo, bruma o niebla (**Figura 1-93**).

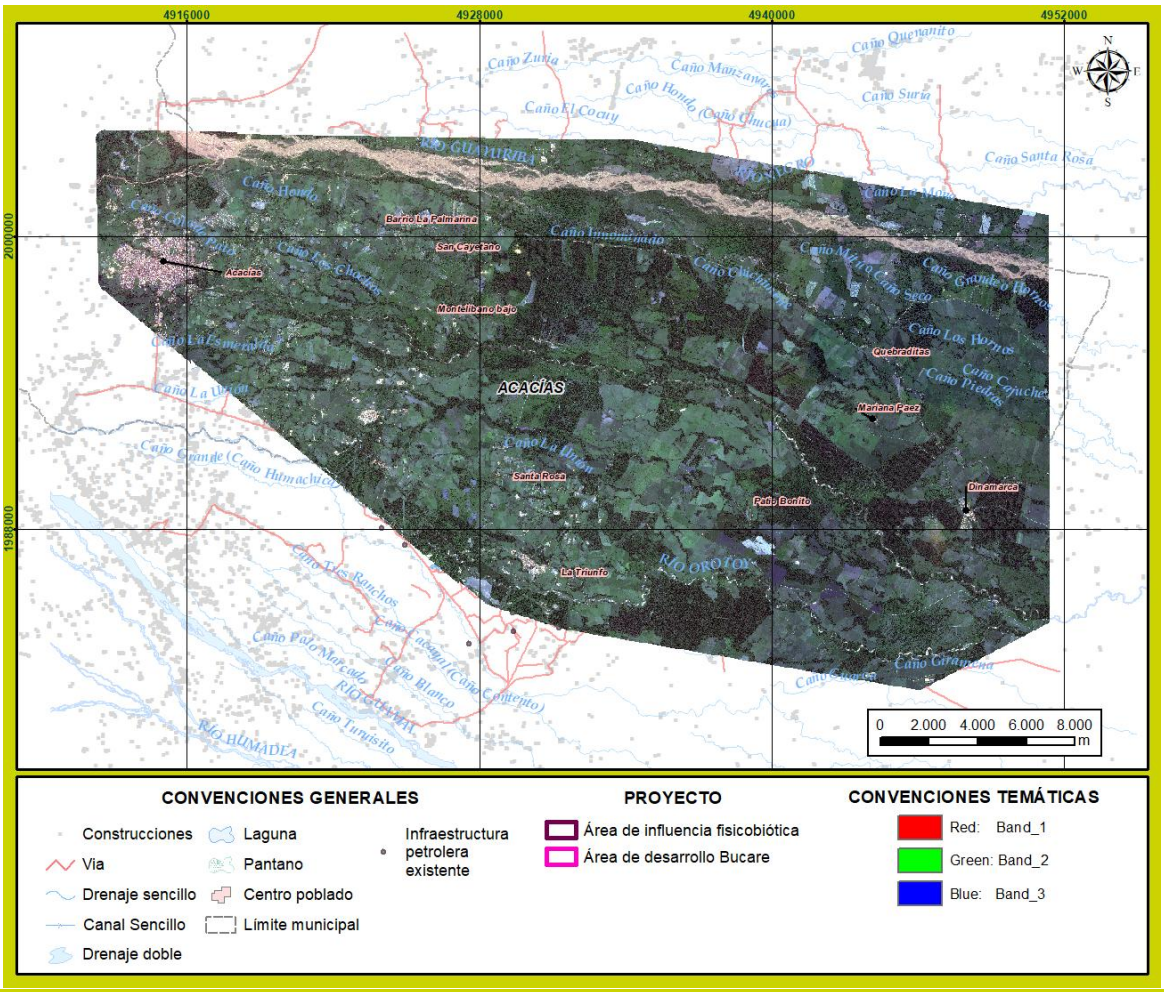


Figura 1-93 Imagen Satelital
Fuente: SGI S.A.S 2025.

A partir de la imagen satelital, se realizó una interpretación visual por medio del Software ArcGis; para la interpretación se usaron diferentes tipos de combinaciones de bandas (R, G,B,NIR), siendo las combinaciones 4 1 2, 41 3 y 1 2 3 (falso color, falso color para agricultura/humedad y verdadero color); los criterios y determinantes que fueron importantes para la clasificación y delimitación de las coberturas de la tierra se encuentran en el **Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.5 Flora/ 8_Fichas_Coberturas**. Como resultado de este proceso se obtuvo un mapa de coberturas preliminar a escala 1:10.000 clasificado bajo la metodología CORINE Land Cover Colombia (CLCC). Además, se llevó a cabo un avance exploratorio en el área de influencia físico –

biótica preliminar con el fin de obtener un reconocimiento inicial del terreno y de las coberturas presentes. Esta fase preliminar incluyó un análisis visual en campo donde se identificó los tipos de coberturas vegetales y no vegetales que dominan la zona. Finalmente, se establecieron puntos de control adicionales para ser tomados en la fase de campo biótica, con el propósito de validar y corroborar algunas coberturas de difícil clasificación, especialmente aquellas que presentan una gran variabilidad en el uso del suelo, como las áreas de cultivos, garantizando mayor precisión en la identificación y diferenciación de los cultivos existentes.

1.5.3.3.4 Etapa de Campo

En campo se realizó la evaluación de la interpretación preliminar de coberturas. Para ello, se utilizaron los puntos de control previamente definidos, junto con puntos adicionales estratégicamente seleccionados en terreno. Cada uno de ellos fue georreferenciado mediante de GPS e identificado con el nombre de cada cobertura correspondiente, los cuales se presentan en el **Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.5 Flora/ 4_Puntos_control**. Asimismo, a cada cobertura identificada en campo, se le elaboro una descripción general de su estado actual, la cual posteriormente fue complementada con información bibliográfica.

1.5.3.3.5 Etapa Post-campo

En esta etapa se materializó el mapa final de coberturas a una escala de trabajo 1:10.000. El trabajo de campo resultó fundamental, ya que la información primaria permitió actualizar las coberturas que habían experimentado cambios posteriores a la fecha de adquisición de la imagen. Los resultados finales, junto con las principales dinámicas identificadas en el área de estudio, se detallan en el **Capítulo 3.3.2 Ecosistemas terrestres**. El proceso metodológico completo para la elaboración del mapa se resume en la **Figura 1-94.**

Posteriormente, se llevó a cabo un control de calidad del mapa de coberturas, que abarcó los siguientes aspectos:

- Control de calidad semántico y temático: Se revisó la coherencia y precisión de los polígonos, asegurando que cada uno contara con la codificación de cobertura correcta, de acuerdo con la metodología CLCC.
- Control de calidad topológico: Se evaluaron los procesos de delimitación de las unidades de cobertura, verificando y corrigiendo inconsistencias topológicas como polígonos sin cerrar, polígonos con códigos duplicados o adyacentes con el mismo código, entre otros aspectos.

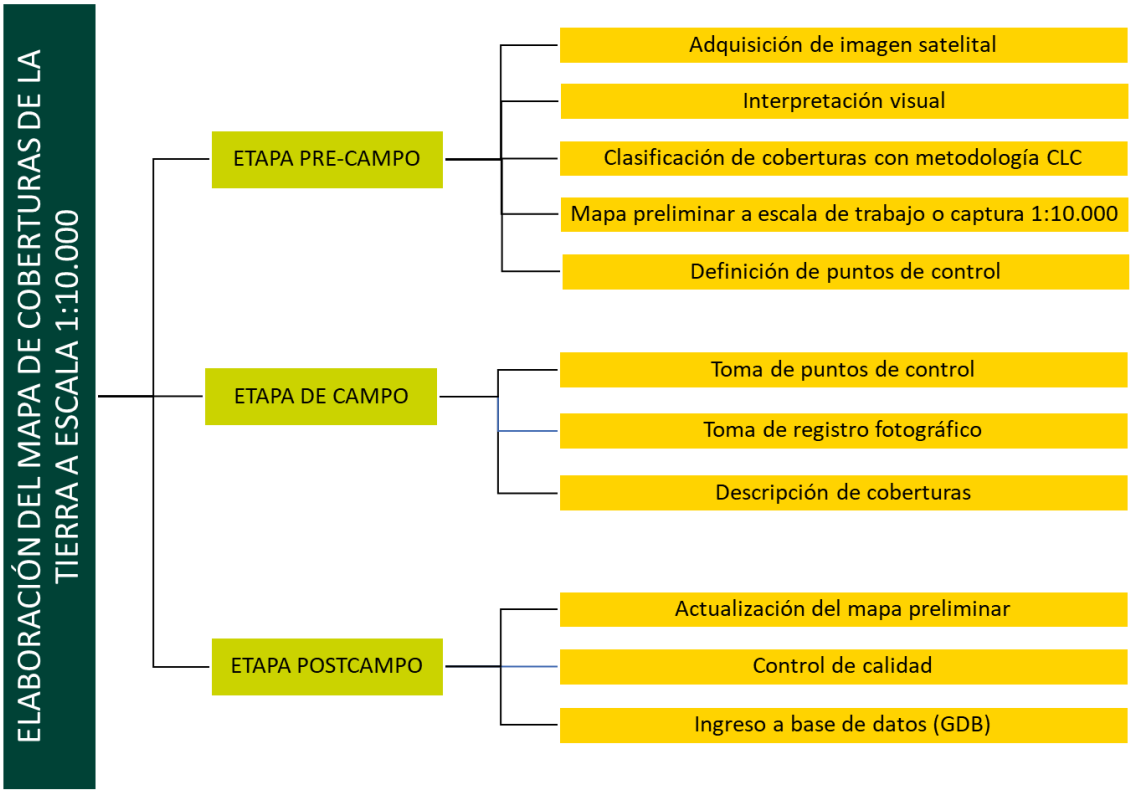


Figura 1-94 Flujograma de trabajo para la identificación de Coberturas Corine Land Cover
Fuente: SGI S.A.S., 2025

1.5.3.4 Ecosistemas terrestres

A nivel general, la ecósfera incluye todos los ecosistemas del planeta, pudiéndose dividir en ecosistemas acuáticos y ecosistemas terrestres, los cuales se encuentran condicionados por los factores bióticos y abióticos presentes en cada lugar.

Los ecosistemas terrestres se encuentran condicionados principalmente por la temperatura y la humedad, determinando el clima y la distribución de los organismos, razón por la cual las grandes diferencias climáticas que se dan en el planeta, desde el ecuador hasta los polos, provocan la existencia de una gran diversidad de ecosistemas.

Siguiendo una secuencia lógica, de mayor a menor escala (relacionada con el área que abarca la información), se realizó la determinación de los ecosistemas terrestres presentes en el área de influencia físico – biótica del proyecto, iniciando con la determinación de los respectivos insumos para luego generar los ecosistemas. Estos fueron: mapa de biomas actualizado y mapa de coberturas de la tierra a escala 1:10.000 (ver **Figura 1-95**).

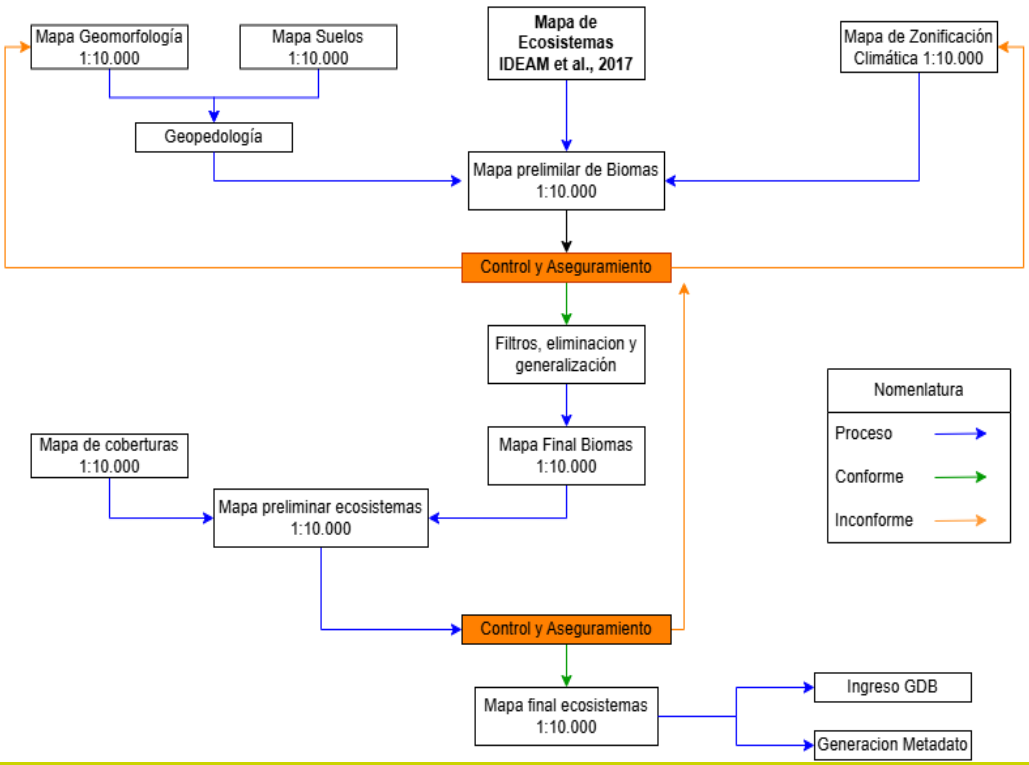


Figura 1-95 Flujograma de identificación de los Ecosistemas terrestres
Fuente: SGI S.A.S., 2025

1.5.3.4.1 Flora

1.5.3.4.1.1 Etapa Pre-campo

El objetivo de esta fase fue rastrear la información secundaria y cartográfica disponible, que permitió 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 muestréales 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.

- **Definición de la forma y tamaño de las unidades muestréales**

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 identificadas las unidades ecosistémicas en el área de estudio, se definió la forma y el tamaño de las parcelas a levantar en campo, teniendo en cuenta las características estructurales, fisonómicas y sucesionales de la vegetación. Según el tipo de comunidad vegetal, se emplearon parcelas rectangulares y/o cuadradas, como se presenta en la **Tabla 1-96**.

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 tomó en cuenta la metodología utilizada por Gentry (1982) y lo dispuesto permiso de recolección otorgado mediante la Resolución 1580 del 19 de julio del 2023 (Ver **Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.5 Flora/ 7_Permiso_recoleccion**), 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. Teniendo en cuenta lo anterior se establecieron los siguientes tamaños de parcela para cada una de las unidades de cobertura presentes en el área de influencia físico – biótica:

- Para la caracterización de **bosque de galería y ripario**, **bosque denso alto de tierra firme**, **bosque denso alto inundable**, se emplearon parcelas de 100 m x 10 m (0,1 ha), siguiendo lo dispuesto en el permiso de recolección y la metodología RAP. Este tamaño resulta adecuado porque permite abarcar una superficie representativa de formaciones boscosas con alta complejidad estructural y elevada diversidad florística. Además, la forma rectangular facilita el muestreo en terrenos heterogéneos, donde se requiere capturar gradientes ambientales (pendientes, humedad, proximidad a cuerpos de agua) que influyen en la composición de especies. Así, se garantiza un balance entre extensión suficiente para registrar la variabilidad y un esfuerzo de campo eficiente para el levantamiento de datos.

- En las coberturas **pastos arbolados**, **pastos limpios**, **pastos enmalezados** y **palma de aceite** se emplearon parcelas de 100 m x 10 m (0,1 ha). Aunque el permiso de recolección establece parcelas de 100 x 10 m únicamente para pastos arbolados y sugiere un tamaño de 5 x 5 m para pastos limpios y enmalezados, se optó por aumentar el tamaño a 0,1 ha con el fin de obtener una muestra más robusta. El tamaño de 5 x 5 m se considera más adecuado para la caracterización de componentes herbáceos, pero insuficiente para estimar variables estructurales como el volumen y realizar un análisis estadístico. El uso de parcelas de mayor extensión permite reflejar mejor la heterogeneidad de estas coberturas y, al mismo tiempo, reducir el riesgo de subestimar o sobreestimar el volumen. En el caso del cultivo de palma de aceite, si bien no está contemplado en el permiso por tratarse de una cobertura de uso agroindustrial, se incluyó en el muestreo por corresponder a la cobertura de mayor extensión dentro del área de influencia físico – biótica, lo que permite integrar su aporte a la estructura del paisaje.

- **Herbazal denso inundable arbolado y herbazal denso inundable no arbolado**. En estas coberturas se emplearon, la igual que para los pastos, parcelas de 100 m x 10 m (0,1 ha), con el fin de abarcar de manera adecuada su variabilidad estructural. Aunque predominan especies herbáceas, se presentan individuos arbóreos y arbustivos de forma dispersa, por lo que un área mayor permite capturar con mayor precisión la densidad y el volumen de madera por hectárea. De esta manera, se garantiza que la muestra refleje de forma representativa la estructura de la vegetación en estas coberturas naturales y se reduce el riesgo de subestimar o sobreestimar el volumen**.**

- Para la cobertura **palmares** se establecieron parcelas de 50 m x 20 m (0,1 ha). La elección de esta forma respondió a las características espaciales de los polígonos identificados cartográficamente, donde una parcela con mayor ancho (20 m) y menor longitud (50 m) se ajustaba de manera más adecuada a la geometría de dichas unidades. Esta disposición permitió optimizar la representatividad del muestreo sin perder la extensión de 0,1 ha requerida para la caracterización estructural de la vegetación de coberturas naturales boscosas u otras coberturas naturales densas. En el caso de la cobertura **pastos y árboles plantados**, la cual está asociada a un sistema silvopastoril, también se emplearon parcelas de 50 m x 20 m (0,1 ha). La elección de este tamaño respondió a la distribución particular de los árboles dentro de la cobertura presente en el área de influencia físico – biótica donde las agrupaciones arbóreas permitían un muestreo más cómodo y representativo con una parcela de mayor ancho.

- Finalmente, para la **vegetación secundaria alta**, al considerarse una cobertura seminatural densa, se emplearon parcelas de 50 m x 10 m (0,05 ha), con el fin de abarcar una mayor superficie que permita representar de manera más precisa la diversidad florística y la estructura de esta cobertura. El uso de parcelas alargadas facilita registrar mejor la variabilidad en la distribución de los individuos dentro del área, lo que asegura una caracterización más completa de la vegetación. En contraste, para la **vegetación secundaria baja** se definió un tamaño de 10 m x 10 m (0,01 ha), dado que esta cobertura corresponde a un estado sucesional temprano, con menor complejidad estructural y composición arbórea limitada. En este caso, el tamaño definido resulta suficiente para caracterizar la densidad, regeneración y composición florística sin necesidad de ampliar la superficie muestreada.

Tabla 1-96 Tamaño de las unidades de muestreo

ESTADO DE DESARROLLO	TIPO DE COBERTURA	TAMAÑO DE PARCELA MUESTREADA
FUSTALES	Bosque de galería y ripario, Bosque denso alto de tierra firme, Bosque denso alto inundable	1000 m^2 (100m x 10m)
	Pastos arbolados, Pastos limpios y pastos enmalezados, Palma de aceite	
	Herbazal denso inundable arbolado, Herbazal denso inundable no arbolado	
	Palmares y pastos con árboles plantados	1000 m^2 (50m x 20m)
	Vegetación secundaria alta	500 m^2 (50m x 10m)
	Vegetación secundaria baja	100 m^2 (10m x 10m)
LATIZALES	Bosque de galería y ripario, Bosque denso alto de tierra firme, Bosque denso alto inundable	25 m^2 (5m x 5m)
	Palmares y pastos con árboles plantados	
	Herbazal denso inundable arbolado, Herbazal denso inundable no arbolado	
	Pastos arbolados, pastos limpios, pastos enmalezados y palma de aceite	
	Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja	
BRINZALES Y RENUEVOS	Bosque de galería y ripario, Bosque denso alto de tierra firme, Bosque denso alto inundable	4 m^2 (2m x 2m)
	Palmares y pastos con árboles plantados	
	Herbazal denso inundable arbolado, Herbazal denso inundable no arbolado	
	Pastos arbolados, pastos limpios, pastos enmalezados y palma de aceite	
	Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja	
HERBÁCEAS	Herbazal denso inundable arbolado, Herbazal denso inundable no arbolado	1 m^2 (1m x 1m)
	Pastos arbolados, pastos limpios y pastos enmalezados	

Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.3.4.1.2 Fase de Campo

El trabajo de campo se realizó en el periodo de tiempo comprendido entre el 30/05/2025 y el 29/06/2025, esta 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 físico – biótica del proyecto de la siguiente manera:

- Muestreo forestal en las coberturas naturales y seminaturales presentes en el área de estudio: 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 físico – biótica.

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 marcaron 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 georreferenciará 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 influencia. La caracterización florística 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 1-23 y Fotografía 1-24**).



Fotografía 1-23 Marcación de parcelas
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-24 Instalación de parcelas
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- **Conformación del equipo forestal y funciones en los integrantes**

El equipo forestal estuvo conformado como mínimo por: un jefe de equipo y dos baquianos. (El equipo y las funciones pueden variar dependiendo de la situación en campo).

- ✓ Jefe del equipo (Ingeniero Forestal): Es el responsable final del registro y control de la calidad de la información. En campo es quien captura la información en el GPS, la planificación de acceso (manejo de Avenza maps), el responsable de registrar la información en el formulario de la aplicación de recopilación de datos FULCRUM, (plataforma de formularios móviles alojados que permite capturar información desde el campo y toma de fotografías), la identificación del individuo registrado, prensado y posterior envió de la información en planillas de campo.

- ✓ Baquiano (personal de la zona): Es el responsable de abrir paso con el machete para acceder a los sitios de muestreo, marcar los árboles con pintura asfáltica y brindar información posible sobre los nombres comunes de las especies y sus usos. También apoya la toma y colección de muestras botánicas.

- **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 permitieron 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 de la tierra a escala 1:10.000.

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 del aplicativo FULCRUM (**Figura 1-96**), 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, CAP5, CAP6 y CAP7) estimación de altura comercial y altura total de los individuos. Se describió el procedimiento para el registro de la categoría de tamaño. También se evaluó el estado fitosanitario del individuo en bueno, regular o malo, catalogando de acuerdo a la vitalidad de cada uno, así, como la toma de datos para la regeneración natural en cada parcela (**Fotografía 1-25**).

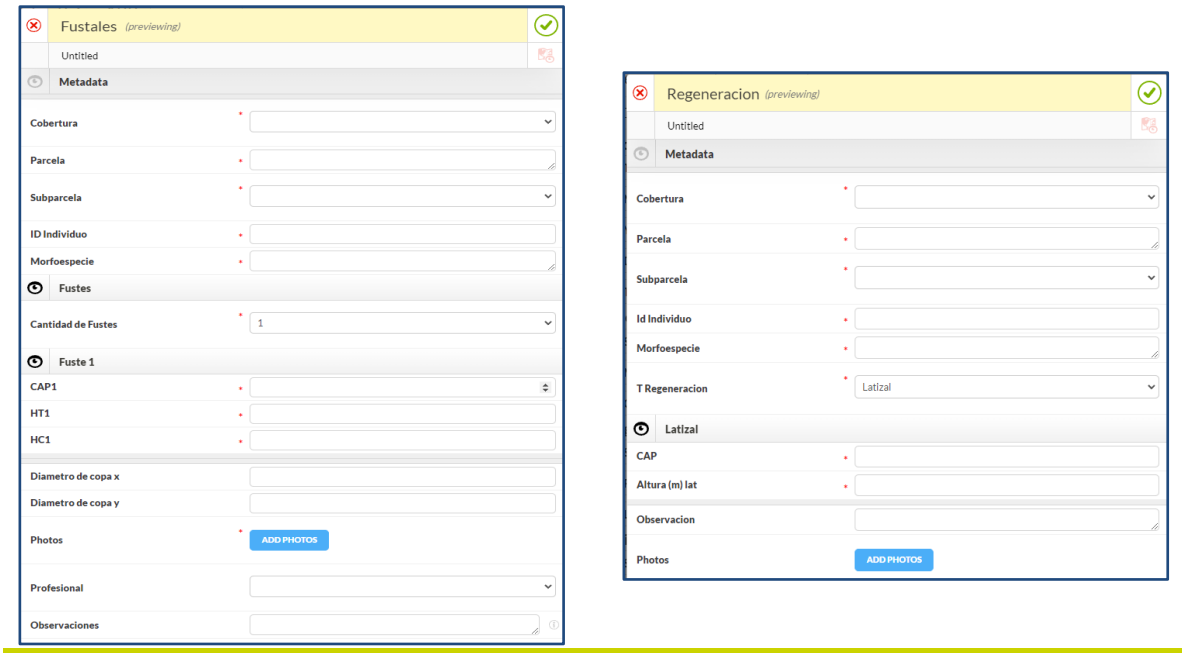


Figura 1-96 Plantillas de campo del aplicativo FULCRUM
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-25 Toma de datos en FULCRUM
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- **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 encontraran 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 a la **Tabla 1-97**.

Tabla 1-97 Variables de medición por categoría de tamaño

CATEGORIA TAMAÑO	DAP (cm)	CAP (cm)	ALTURA (m)
Fustales	≥ 10	≥ 31,4	Sin restricción
Latizales	≤ 9		≥ 1,5
Brinzales	-	-	30 cm a 1,5 m
Renuevos	-	-	< 30 cm

Fuente: SGI S.A.S., 2025

La medición del Diámetro a la Altura del Pecho –DAP- tanto de latizales como fustales fue realizada a 1,3 m de altura, determinado de acuerdo a 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 ve en la **Fotografía 1-26** y **Fotografía 1-27**. La medición del DAP se efectuó con cinta métrica y se realizó la conversión en oficina. Para los brinzales y renuevos solo se tuvo en cuenta su abundancia.



Fotografía 1-26 Medición del CAP a los 1,3 m
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-27 Marcación del CAP a los 1,3 m
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para la medición del diámetro de los tallos, se deben tener en cuenta algunas condiciones del tronco que pueda hacer variar el POM (Punto Óptimo de Medición), para ello se seguirá la metodología propuesta del Manual Inventario Forestal Nacional (Olarte Villanueva, y otros, 2021). La variación que tenga el POM deberá quedar registrada en los formularios en la columna de observaciones.

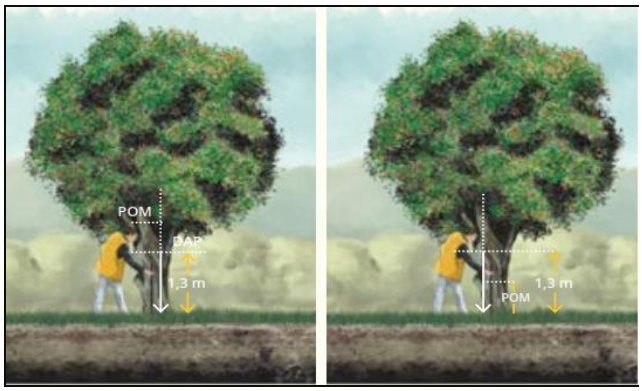
a) Tallos únicos: Se realiza una sola medición, utilizando la cinta métrica a los 1,3 m de altura.
b) Tallos irregulares: En individuos con irregularidades muy pronunciadas tales como abultamientos, nudos y cicatrices, entre otras, se procede a realizar la medición del diámetro después de que termine la irregularidad por lo general a 50 cm si es posible. 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), en sentido a las manecillas del reloj. Se debió estimar las alturas por cada tallo.

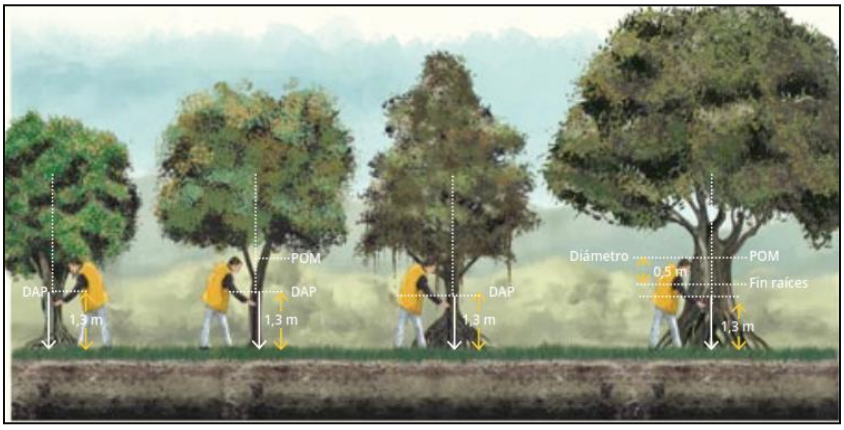
En la **Figura 1-97**, se puede apreciar algunas de las recomendaciones a la hora de medir el diámetro a la altura del pecho, dependiendo de la forma, localización y otros aspectos de los individuos.



a) Tallos únicos



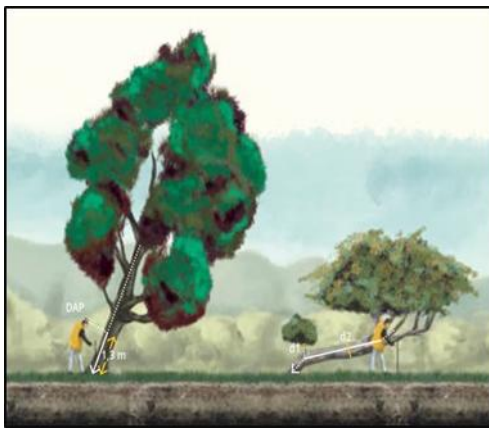
b) Tallos irregulares



c) Tallos con raíces



d)) Tallos múltiples o rebrotes



e) Tallos inclinados



f) Tallos en terrenos inclinados

Figura 1-97 Recomendaciones medición CAP
Fuente: (Barreto Silva, y otros, 2018)

- **Colección del material botánico**

Para la determinación de especies vegetales que no lograron ser identificadas en campo, se aplicó la metodología de colección de especies descrita en el Manual de métodos para el inventario de biodiversidad (Villareal, y otros, 2004). Esta propone el uso de bolsas plásticas transparentes de 30 cm x 40 cm para cada muestra botánica, las cuales posteriormente son depositadas en un costal con el fin de evitar la excesiva transpiración del material vegetal. El prensado del material se realizó de manera diaria. Todo lo anterior se llevó a cabo en el marco del Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales, otorgado a la empresa Servicios Geológicos Integrados S.A.S. – S.G.I. S.A.S., mediante la Resolución No. 1580 del 19 de julio de 2023. (Ver **Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.5 Flora/ 7_Permiso_recoleccion**) (**Fotografía 1-28 y Fotografía 1-29).**



Fotografía 1-28 Colecta del material vegetal en campo.
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-29 Procesamiento de material vegetal colectado
Fuente: SGI S.A.S, 2025

➢ **Esfuerzo de muestreo**

✓ Error de muestreo

Para la caracterización de los ecosistemas con presencia de individuos de porte arbóreo, se realizará el levantamiento de la información dando cumplimiento con la representatividad estadística por cada unidad de cobertura, definida en los términos de referencia y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, con una probabilidad del 95% y error de muestreo inferior al 15%. En total se realizaron 157 parcelas; 73 para el helobioma Villavicencio y 84 para para el zonobioma húmedo tropical Villavicencio.

Las coberturas inventariadas en las cuales se realizó el cálculo de precisión estadística corresponden a Bosque denso alto inundable, bosque denso alto de tierra firme, bosque de galería y ripario, palmares, herbazal denso inundable arbolado, herbazal denso inundable no arbolado, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, pastos arbolados, pastos limpios, pastos enmalezados, palma de aceite y pastos con árboles plantados. Por cada cobertura se realizó el cálculo de los estadígrafos sobre el volumen total de las parcelas por ecosistemas, de acuerdo con las fórmulas presentadas a continuación (**Tabla 1-98**).

Tabla 1-98 Estadígrafo para el cálculo del error del volumen total

ESTADÍGRAFO	ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN
Media	$\bar{x} = \sum \frac{Xi}{n}$	Xi son los volúmenes totales y n el número de las parcelas.
Desviación Estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n-1}}$	Xi son los volúmenes totales y n el número de las parcelas.
Coeficiente 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: SGI S.A.S., 2025

1.5.3.4.1.3 Fase Post-campo

➢ **Identificación del material vegetal**

La identificación de las muestras colectadas fue realizada por el Herbario 'Toli' de la Universidad del Tolima, con la ayuda de un 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 wfoplantlist.org; teniendo en cuenta que se encuentra actualizada con la clasificación APG IV, 2016 (Ver **Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.5 Flora/ 5_Certificado_determinacion).**

➢ **Caracterización florístico estructural**

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 definida para el Estudio De Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare, siguiendo la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, año 2018 (ver **Tabla 1-99**).

Tabla 1-99 Parámetros a evaluar en la caracterización florística y estructural

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FÓRMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
ESTRUCTURA VERTICAL (MÉTODO CUANTITATIVO)	Ogawa 1965, citado por UNESCO 1980 (Unesco, 1980), indica un procedimiento para detectar la presencia de estratos, confeccionando una gráfica con las alturas en las ordenadas y en las abscisas las alturas hasta la base de las copas, la aparición de enjambres de puntos más o menos aislados, indica el virtual vacío de las copas en los niveles intermedios, sugiriendo un número de estratos diferenciales en el perfil del bosque; cuando se genera una sola nube de puntos alargada y con pendiente positiva, no se pueden 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 las copas.
ESTRUCTURA VERTICAL (MÉTODO CUALITATIVO)	De acuerdo con la propuesta de Davis y Richards 1933 (Davis & Richards, 1933), este método está basado en la elaboración de un perfil de la vegetación, el cual es una representación bidimensional de una estructura tridimensional que es el bosque. Para la construcción del perfil se necesita 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.	Se trasfiere la información a una gráfica de barras, en donde se ubica en el eje X los individuos y en el eje Y la altura de los mismos. Posteriormente y basados en bocetos de las formas de las copas, se reemplazan las barras por dibujos de árboles; estos esquemas deben corresponder a las características de los individuos, es decir, a su hábito de crecimiento (Villareal, y otros, 2004)
ESTRUCTURA VERTICAL (POSICIÓN SOCIOLÓGICA)	Determina la importancia de una especie según su presencia en los diferentes estratos	**PS** = Ar% + Fr% + Ps% **Ar%** : Abundancia relativa **Fr%** : Frecuencia relativa **Ps%** : Posición sociológica
ABUNDANCIA ABSOLUTA	Es el número de árboles por especie contabilizados en el inventario.	**Aa** = No de individuos por especie
ABUNDANCIA RELATIVA	Es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de árboles.	**Ar** = (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.	**Fa** = (N° de unidades de muestreo en que ocurre una especie/N° total de unidades de muestreo) X100
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.	**Fr** = (Fa de una especie/∑ de todas las Fa) X100
DOMINANCIA ABSOLUTA	Es el grado de cobertura de las especies como expresión del espacio ocupado por ellas, siendo expresada como la sumatoria del área basal de todos los individuos de una especie.	**Da** = ∑ 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.	**Dr** = (Área basal total de cada especie/∑ Áreas basales en el área muestreada) X 100
ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA IVI	Es la sumatoria de los parámetros expresados en porcentaje de la abundancia, frecuencia y dominancia, el valor máximo es de 300 y se presenta cuando solamente hay una especie presente en el área muestreada.	**IVI** = Ar% + Fr% + Dr% **Ar%** : Abundancia relativa **Fr%** : Frecuencia relativa **Dr%** : Dominancia relativa
DENSIDAD	Permite determinar la cantidad de individuos por una unidad espacial. La densidad determina aspectos fundamentales como la competencia de recursos.	**d= n / A** Donde: **n =** Número de especies en el área de estudio. **A =** Tamaño del área de estudio
GRADO DE AGREGACIÓN	Variable que indica cuanto tienden al agrupamiento los individuos que componen una determinada cobertura, su valor siempre se mueve en tres rangos.	**GA ≥ a 2**: Indica que la especie tiene una distribución agrupada. **1> GA < 2**: Indica tendencia al agrupamiento.

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FÓRMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
		GA ≤ a 1: Indica que la especie se encuentra dispersa.
ÍNDICE DE REGENERACIÓN NATURAL	Determina la importancia de una especie según su presencia en las diferentes categorías de tamaño del sotobosque.	**RN** = Ar% + Fr% + Ps% **Ar%** : Abundancia relativa **Fr%** : Frecuencia relativa **Ps%** : Posición sociológica A
CLASES DIAMÉTRICAS	Permiten agrupar los diámetros medidos en el inventario para facilitar el procesamiento de los datos a través de la regla de Sturges 1926 (Sturges, 1926)	$ni = 1 + 3{,}32 \log_{10} N$ **N**= número de datos ***ni***= número de intervalos
CLASES ALTIMÉTRICAS	Es el resultado de agrupar las alturas de los árboles de un bosque dentro de intervalos, al determinar el número de árboles por clase se obtiene la frecuencia de árboles de acuerdo a la regla de Sturges.	$ni = 1 + 3{,}32 \log_{10} N$ **N**= número de datos ***ni***= número de intervalos

Fuente: SGI S.A.S., 2025

- **Cálculo del diámetro (DAP)**

La medición en campo se realizó con una cinta métrica registrando la circunferencia a la altura del pecho (CAP) a una altura de 1,30 m, con este dato se calculó el DAP mediante la siguiente fórmula:

$$DAP = CAP/\pi$$

Dónde:
DAP: Diámetro a la altura del pecho (1,30 m)
CAP: Circunferencia a la altura del pecho
π: Pi (3,1416)

- **Cálculo área basal y volumen**

Tomando en consideración lo indicado por el CATIE (Orozco & Brumér, 2002) 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 (Rodríguez, Orjuela, & Echeverry, 2013), para el cual se adopta el valor de 0,7 (Ver **Figura 1-98**).

TIPO DENDROMÉTRICO DEL FUSTE	FACTOR DE FORMA
Cilíndrico 	f ≥ 0,75
Paraboloide 	0,74 ≥ f ≥ 0,4
Cono 	0,39 ≥ f ≥ 0,27
Neiloide 	f < 0,38

Figura 1-98 Factor forma según la forma del fuste
Fuente: SGI S.A.S., 2025

Para estimar el área basal y el volumen de los individuos con un DAP ≥ 10 cm, se empleó las siguientes fórmulas (Ministerio del Medio Ambiente, 2002):

$$\boldsymbol{AB = \frac{\pi}{4} * [DAP]^2}$$
$$\boldsymbol{V = AB * Hc\ o\ Ht * ff}$$

Dónde:
DAP: Diámetro a la altura del pecho (1,30 m)
V: Volumen maderable en m^3
π: Pi (3,1416)
AB: Área basal en m^2
Hc: Altura comercial del fuste en m.
Ht: Altura total en m.
ff: Factor de forma

- **Posición sociológica**

Indica el valor de importancia de las especies por los diferentes estratos que componen el bosque, puede decirse entonces que una especie determinada tiene un lugar asegurado en la estructura y composición florística, cuando está presente en todos los estratos (Tropenbos, 1991). Siguiendo la metodología de Finol 1976, citado por Acosta et al., 2006 (Acosta, Araújo, & Iturre, 2006), se asigna un valor fitosociológico a cada estrato, dividiendo el número de individuos de cada estrato por el número de individuos de todas las especies

$$\boldsymbol{VF = n/N}$$

VF= Valor Fitosociológico
n = Número de individuos del subestrato
N =Número total de individuos de todas las especies.

Para calcular el valor absoluto de la Posición Sociológica de una especie, se suman sus valores fitosociológicos en cada subestrato, efectuando el producto del Valor Fitosociológico del estrato considerado por el número de individuos de la especie en ese mismo estrato.

$$PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$$

PSa = Posición Sociológica Absoluta de la especie
VF = Valor fitosociológico del estrato
n = N° de Individuos de cada especie

i: inferior; m: medio; s: superior

La PS% de cada especie, se expresa como porcentaje sobre el sumatorio total de los valores absolutos.

$$PS\% = PSa/\Sigma PSa$$

- **Curvas de acumulación de especies en función del área muestreada**

Para calcular la representatividad del muestreo se empleó el software iNEXT mediante su paquete para R (Hsieh, Ma, & Chao, 2016). El análisis se realizó teniendo en cuenta los números de Hill, los cuales se emplean con el fin de cuantificar la diversidad taxonómica de especies de un conjunto total de datos, dado que representa una alternativa intuitiva y estadísticamente rigurosa frente a otros índices de diversidad (Chao, et al., 2014).

Los números de Hill (o el número efectivo de especies) se emplean para cuantificar la diversidad taxonómica de un conjunto. Las integraciones de rarefacción (interpolación) y extrapolación (predicción) de los números de Hill, basadas en el tamaño de la muestra y la cobertura, representan un método de estandarización unificado para cuantificar y comparar la diversidad de especies en múltiples conjuntos (Hsieh, Ma, & Chao, 2016).

Bajo ese orden de ideas se construyeron matrices con los datos de campo para cada una de las coberturas naturales y seminaturales (considerando lo dispuesto por la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, acogida mediante Resolución 1402 de 2018 del MADS), ubicando las especies en las filas, las coberturas en las columnas y los datos de abundancia como valores; seguidamente fueron cargadas en R y analizadas mediante el paquete iNEXT mencionado anteriormente, la representatividad del muestreo presentada en los resultados corresponde al *Sample coverage (SC)* o cobertura de la muestra, que es el valor que refleja la proporción del número total de individuos que pertenecen a las especies detectadas en la muestra total. En términos prácticos, la cobertura de la muestra (SC) se toma como la efectividad de muestreo para cada una de las coberturas muestreada en función del esfuerzo total de muestreo.

- **Índice de regeneración natural**

La regeneración se evalúa con el índice de regeneración natural relativa, acorde a lo propuesto por Cantillo 2001 (Cantillo, 2001); el cual 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 tres (3) categorías de tamaño, y así determinar la abundancia de cada especie en cada una de las categorías.

En la **Tabla 1-100** se presentan los valores de diámetro y altura definidos para cada categoría de tamaño, de acuerdo con la clasificación de Melo y Vargas (Melo & Vargas, 2003).

Tabla 1-100 Categorías de regeneración natural

CATEGORIA TAMAÑO	DAP (cm)	CAP (cm)	ALTURA (m)
Latizales	≤ 9	-	≥ 1,5
Brinzales	-	-	30 cm a 1,5 m
Renuevos	-	-	≤30 cm

Fuente: SGI S.A.S., 2025

De acuerdo con los rangos presentados en la **Tabla 1-100,** se define la abundancia de cada especie en cada categoría, posteriormente se calcula la abundancia relativa por categoría y este valor es dividido por 10, encontrando un valor entero de uno (1) y 10 que define la importancia de cada categoría. La sumatoria de los valores de importancia de cada categoría (X= CT1, Y= CT2 y Z= CT3), será igual a 10 (X+Y+Z=10). Con estos valores se calcula la posición sociológica absoluta por especie, de manera que los datos de abundancia para cada especie son relacionados a cada categoría con su respectivo valor de importancia.

$$i = (Es\ x\ X) + (Ein\ x\ Y) + (Ear\ x\ Z)$$

Donde:

Es = Número de individuos de la especie i en la CT1
Ein= Número de individuos de la especie i en la CT2
Ear= Número de individuos de la especie i en la CT3

De acuerdo con la formula antes 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 (CT%). Posteriormente, se calcularon la abundancia relativa y la frecuencia relativa para cada especie. Estos valores, junto con la categoría de tamaño relativa previamente estimada, permitieron obtener el Índice de Regeneración Natural (IRN), mediante la siguiente fórmula:

$$IRN: \frac{Ar\% + Fr\% + Ct\%}{3}$$

Donde:

- Ar%: Abundancia relativa
- Fr%: Frecuencia relativa
- Ct**%**: Categoría de tamaño relativa

➢ **Diversidad**

Los métodos para medir la diversidad están enfocados a determinar la riqueza y equitatividad, evaluando también la intensidad de mezcla a través del coeficiente de mezcla; en términos netamente de riqueza de especies se trabajaron con los índices de riqueza específica, y la combinación de la riqueza de especies con la estructura de la comunidad se evaluó con índices de dominancia e índices de equidad. Los métodos relacionados anteriormente permiten evaluar las características biológicas de las comunidades vegetales dentro del área de influencia físico – biótica; estos métodos, como se detalla en la **Tabla 1-101,** se basan en el número de especies y la cantidad de individuos por especie, el uso de estos valores en cada uno de los parámetros y/o métodos descritos garantiza un análisis integral de cada unidad de cobertura vegetal, evaluando la riqueza específica y la abundancia proporcional de las especies.

Tabla 1-101 Parámetros a evaluar en la diversidad de comunidades vegetales arbóreas

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FÓRMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
Coeficiente de mezcla	El CM de (Lamprecht, Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales, 1962), consiste en la relación entre el N° de especies y el N° de individuos, este parámetro expresa la homogeneidad o heterogeneidad de la composición florística. El CM da una indicación de la intensidad de mezcla en que se encuentran las especies respecto a los individuos, y por ende expresa la diversidad general en que se encuentra el bosque (Lamprecht, Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento., 1990)	$C.M. = \frac{\text{Nº de especies}}{\text{Nº de individuos}}$ Mayores valores del CM indican que se necesita muestrear menor cantidad de individuos para encontrar una especie distinta. Cuando más grande es el denominador el bosque es más homogéneo y viceversa cuando más pequeño es el denominador el bosque es más heterogéneo. (Lamprecht, Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento., 1990) señala que para bosques amazónicos el coeficiente de mezcla varía entre 1:3 y 1:4 (alta diversidad). Los valores correspondientes a las condiciones promedio son de aprox. 1:7
Índice de Margalef (Dmg)	Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone	Dmg = (S - 1)/ln(N) Dónde: N = Número total de individuos, S = Número de especies

<table>
<tr><th>PARÁMETRO</th><th>DEFINICIÓN</th><th>FÓRMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS</th></tr>
<tr><td></td><td>que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos S=$\sqrt[K]{N}$ donde k es constante (Magurran, 1998 citado por Moreno 2001) (Moreno C. , 2001)</td><td></td></tr>
<tr><td>Índice de Menhinick (Dmn)</td><td>Se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta al aumentar el tamaño de la muestra.</td><td>Dmn = S/$\sqrt{N}$

Dónde: N = Número total de individuos,
S = Número de especies</td></tr>
<tr><td>Índice de Simpson</td><td>Es especialmente sensible a los valores de abundancia de las principales especies, asimismo se refiere a la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una misma población pertenezcan a una misma especie. Toma Valores entre 0 y 1, donde los valores cercanos a cero corresponden a sitios muy diversos (Quesada, 1997)</td><td>$D = \sum (P_i)^2$
$\boldsymbol{pi}$= número de individuos de la especie i

Rango de interpretación:
<table>
<tr><th>VALOR</th><th>DIVERSIDAD</th></tr>
<tr><td>0-0,5</td><td>Muy alta diversidad o muy baja dominancia.</td></tr>
<tr><td>>0,5-0,7</td><td>Alta diversidad o baja dominancia</td></tr>
<tr><td>>0,7-0,8</td><td>Diversidad y dominancia media</td></tr>
<tr><td>>0,8-0,9</td><td>Baja diversidad- alta dominancia</td></tr>
<tr><td>>0,9-1</td><td>Muy baja diversidad- muy alta dominancia.</td></tr>
</table>
Fuente: (Ramirez, 1999)</td></tr>
<tr><td>Índice de Shannon-Wiener</td><td>Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1998; Peet 1974; Baev y Penev, 1995; citados por Moreno 2001) (Moreno C. , 2001). Toma valores entre 1,5 a 3,5, donde los valores más cercanos a 3,5 corresponden a sitios de alta diversidad (Magurran A. , 1988).</td><td>H’ =$-\sum \boldsymbol{pi}\ \boldsymbol{log}(\boldsymbol{pi})$
Dónde:
$\boldsymbol{pi}$=Abundancia proporcional (relativa) de la especie “i” respecto al total.

Rango de interpretación:
<table>
<tr><th>VALOR</th><th>DIVERSIDAD</th></tr>
<tr><td>0-1</td><td>Muy baja</td></tr>
<tr><td>>1 -1,8</td><td>Baja</td></tr>
<tr><td>>1,8 – 2,1</td><td>Media</td></tr>
<tr><td>>2,1 – 2,3</td><td>Alta</td></tr>
<tr><td>>2,3</td><td>Muy alta</td></tr>
</table>
Fuente: (Ramírez, 2006)</td></tr>
<tr><td>Similaridad: Sorensen-Jaccard-Coeficiente de mezcla-IVI.</td><td>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.</td><td>Lamprecht (1990) señala que para bosques amazónicos el coeficiente de mezcla varía entre 1:3 y 1:4 (alta diversidad). Los valores correspondientes a las condiciones promedio son de aprox. 1:7.</td></tr>
</table>

Fuente: SGI S.A.S., 2025

1.5.3.4.2 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, 2023). 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, 2021).

Considerando los objetivos de este Sistema y en general el propósito de conservación del país, dentro del proceso de elaboración del presente documento, correspondiente al Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare, se buscó identificar si el área de estudio se cruza con áreas de interés ambiental incluidas en el Decreto 1076 de 2015.

1.5.3.4.2.1 Etapa Pre-campo

Para establecer las diferentes categorías de las áreas de importancia ambiental que se traslapan con el proyecto, de manera preliminar se consultaron algunos visores de alertas tempranas como el Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC. Posterior a esto, se realizó 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.

Para la identificación de los ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas, se realizó la consulta en los respectivos Esquemas de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial, Planes de Ordenamiento Territorial y las respuestas de los comunicados de solicitud de información realizados a las entidades oficiales.

1.5.3.4.2.2 Etapa Post-campo

Posteriormente, se procedió a realizar los cruces de información con el proyecto. Con el fin de dar más detalle y precisión se ajustará la información a escalada 1:10.000, a través de la utilización de herramientas ofimáticas como el programa ARCGIS, para lo cual se tomará 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:

➢ **De Orden internacional**

✓ Sitios RAMSAR
✓ Reservas de la biosfera
✓ Áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS)

➢ **De Orden Nacional**

✓ Lista roja de ecosistemas según ETTER (LRE – ETTER)
✓ Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP)
  - Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (SPNN)
    - Parque Nacional Natural (PNN)
    - Reserva natural
    - Área natural única
    - Santuarios de flora y fauna
    - Vía Parque
  - Reservas Forestales Protectoras Nacionales (RFPN)
  - Distritos Nacionales de Manejo integrado (DNMI)
✓ Nuevas áreas y ampliaciones (NUAR)
✓ Reserva forestal de la Ley 2ª de 1959
✓ Documento CONPES 3680 de 2010: Lineamientos para la Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas
✓ Ecosistemas estratégicos

- Manglares
- Páramos
- Humedales
- Bosque seco tropical

✓ Bosques de paz
✓ Bancos de hábitat
✓ Registro Único de Ecosistemas y áreas ambientales (REAA)

➢ **De Orden Regional**

✓ Reservas Forestales Protectoras Regionales (RFPR)
✓ Parques Naturales Regionales (PNR)
✓ Distritos Regionales de Manejo Integrado de los Recursos Naturales (DRMI)
✓ Distritos de Conservación de Suelos
✓ Determinantes ambientales dadas por CORMACARENA
✓ Plan de ordenamiento y manejo de cuenca (POMCA)

➢ **De orden local**

✓ Reservas naturales de la sociedad civil
✓ Instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT)

1.5.3.4.3 Flora vascular y no vascular

Para el Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare, se emplearon metodologías para la caracterización de las especies vasculares y no vasculares de hábito epífito y de “otros sustratos” (o hábitos de crecimiento), de conformidad a lo establecido en los Términos de referencia para Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de explotación de hidrocarburos (HI-TER-1-03) (Ministerio de Ambiente, 2010), la Metodología General para la Elaboración y Presentación de estudios Ambientales del 2018 expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la cual indica que para realizar el muestreo se debe aplicar la zonificación de cinco (5) estratos del forófito propuesta por (Johansson, 1974), modificada por (ter Steege, 1989), la Circular 8201-2-808 del 09 de diciembre de 2019 del (MADS) (en la cual establece los lineamientos técnicos para la conservación de especies de flora en veda) y la Circular Externa 00002 del 21 de abril del 2022 de (ANLA), la cual establece los cálculos de representatividad del muestro de especies en veda nacional para proyectos con áreas de intervención definida, tanto para epífitas como “otros sustratos”.

Conforme a lo anterior, el presente componente se abordó de la siguiente manera en las unidades ecosistémicas donde aplicaba el muestreo de acuerdo con la Circular Externa 00002 de 2022 de (ANLA):

- Caracterización de especies no vasculares en veda nacional (líquenes, musgos y hepáticas) de diferentes hábitos de crecimiento (epífita, humícola, rupícola y/o terrestre).

- Caracterización de especies vasculares (Cactáceas, aráceas, orquídeas, bromelias, entre otras) de diferentes hábitos de crecimiento (epífita, humícola, rupícola y/o terrestre).

1.5.3.4.3.1 Etapa pre-campo

Partiendo del Mapa de ecosistemas continentales, marinos y costeros de Colombia **(IDEAM, Instituto Humbolt, Invemar, & IGAC, 2017)** ajustado con las coberturas de la tierra identificadas de manera previa a la fase de campo, se identificaron los sitios y las unidades muestrales para realizar el inventario de las especies vasculares y no vasculares de diferentes hábitos de crecimiento. 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 el área de influencia físico – biótica para el Área de Desarrollo Bucare; para ello se consultaron colecciones de referencia virtuales como el: **(Herbario Nacional Colombiano)**, **(Herbario Amazónico Colombiano)**, bases de datos nacionales como Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia **(SiB)** e internacionales **(CITES, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, 2025)**, **(UICN , 2024)**, etc.
(ver Tabla 1-102, Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/1_Base_de_datos, y Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/1_Base_de_datos).

Tabla 1-102 Fuentes de información secundaria consultada

FUENTE DE INFORMACIÓN	ASPECTOS
Resolución 0126 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Listado de especies silvestres amenazadas en Colombia.
Catálogo de líquenes y plantas de Colombia (versión en línea).	Verificación de origen y distribución de las especies.
Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia).	Identificación de especies potencialmente presentes en el área de estudio.
Libro rojo de briofitos de Colombia.	Especies amenazadas de briofitos.
Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 3: Las bromelias, las labiadas y las pasifloras.	Especies amenazadas de Bromelias.
Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 6: Orquídeas primera parte.	Especies amenazadas de Orquídeas.
Colombia diversidad biótica volumen VI.	Riqueza de musgos y líquenes en Colombia.
Resolución 0213 de 1977 (INDERENA).	Veda de los grupos: musgos, líquenes, lamas, parásitas, quiches y orquídeas, así como lama, capote y broza y demás especies y productos herbáceos o leñosos como arbolitos, cortezas y ramajes que constituyen parte de los hábitats de tales especies.
Resolución No. 0802 de 1977 (INDERENA).	Veda permanente en todo el territorio nacional de los hechos arborescentes de las familias: Cyatheaceae y Dicksoniaceae, para los siguientes géneros: *Dicksonia*, *Alsophila*, *Cnemidaria*, *Cyatheaceae*, *Nephelea*, *Sphaeropteris* y *Trichipteris*.

Fuente: SGI S.A.S., 2025

- ✓ **Esfuerzo de muestreo**

Para la caracterización de las especies vasculares y no vasculares con y sin veda nacional presentes en las diferentes unidades ecosistémicas identificadas en el área de influencia físico – biótica para el Área de Desarrollo Bucare, se realizó el registro de las especies vasculares (con y sin veda) y no vasculares de hábito epífito y “otros sustratos” a través de las metodologías planteadas para las unidades ecosistémicas en las que aplico el muestreo. Para el caso de las especies epífitas se realizó muestreo preferencial, mientras que para las especies en otros sustratos se establecieron parcelas de 1x1 m.

Como resultado final del ejercicio de delimitación de biomas, se determinó que dentro del área de influencia físico-biótica del proyecto hay (3) biomas, los cuales son: Helobioma Villavicencio, Hidrobioma Villavicencio y Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio, además, se presentan las áreas transformadas como Territorios Artificializados.

A continuación, se muestran las 59 unidades ecosistémicas interpretadas, su área y la condición de muestreo de las especies vasculares y no vasculares en veda nacional (epífitas y de otros hábitos de crecimiento), según la Circular Externa 00002 de 2022 de la ANLA. Del total de unidades ecosistémicas identificadas (59), en 25 aplica el muestreo de especies de hábito epífito, mientras

que en 31 unidades ecosistémicas aplica muestreo en “otros sustratos” de especies vasculares y no vasculares en veda (**Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/5_Representatividad_muestreo**).

Tabla 1-103 Condición de muestreo de especies en veda bajo Resolución 0213 de 1977 de INDERENA por unidad ecosistémica mediante aplicación de la Circular Externa 00002 de 2022 de ANLA

N°	BIOMA	COBERTURAS TOTALES EN EL AI FÍSICO BIÓTICA PARA EL AD BUCARE	ÁREA COBERTURA DE LA TIERRA (HA)	MUESTREO DE EPÍFITAS EN VEDA BAJO RESOLUCIÓN 0213 DE 1977 (ANLA, 2022)	MUESTREO EN “OTROS SUSTRATOS” DE VASCULARES Y NO-VASCULARES EN VEDA (ANLA, 2022)
1	Helobioma Villavicencio	211 Otros cultivos transitorios	19,32884716	N/A	N/A
2	Helobioma Villavicencio	221 Cultivos permanentes herbáceos	21,35481264	N/A	N/A
3	Helobioma Villavicencio	222 Cultivos permanentes arbustivos	3,107399816	N/A	N/A
4	Helobioma Villavicencio	223 Cultivos permanentes arbóreos	1,337505794	N/A	N/A
5	Helobioma Villavicencio	231 Pastos limpios	1328,27154	Aplica	Aplica
6	Helobioma Villavicencio	232 Pastos arbolados	80,74462209	Aplica	Aplica
7	Helobioma Villavicencio	233 Pastos enmalezados	219,8275277	Aplica	Aplica
8	Helobioma Villavicencio	314 Bosque de galería y/o ripario	1334,789307	Aplica	Aplica
9	Helobioma Villavicencio	315 Plantación forestal	4,066811881	Aplica	Aplica
10	Helobioma Villavicencio	411 Zonas pantanosas	46,20148622	N/A	Aplica
11	Helobioma Villavicencio	413 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	1,994346198	N/A	N/A
12	Helobioma Villavicencio	2121 Arroz	14,35076835	N/A	N/A
13	Helobioma Villavicencio	2122 Maíz	5,599578422	N/A	N/A
14	Helobioma Villavicencio	2152 Yuca	0,790252257	N/A	N/A
15	Helobioma Villavicencio	2222 Café	0,024785269	N/A	N/A
16	Helobioma Villavicencio	2232 Palma de aceite	244,3270094	N/A	N/A
17	Helobioma Villavicencio	2233 Cítricos	1,359232873	N/A	N/A
18	Helobioma Villavicencio	2241 Pastos y árboles plantados	0,28869976	Aplica	Aplica
19	Helobioma Villavicencio	3231 Vegetación secundaria alta	182,0887276	Aplica	Aplica
20	Helobioma Villavicencio	3232 Vegetación secundaria baja	83,89791127	Aplica	Aplica
21	Helobioma Villavicencio	3312 Arenales	83,90380394	N/A	Aplica
22	Helobioma Villavicencio	31112 Bosque denso alto inundable	57,34473394	Aplica	Aplica

N°	BIOMA	COBERTURAS TOTALES EN EL AI FÍSICO BIÓTICA PARA EL AD BUCARE	ÁREA COBERTURA DE LA TIERRA (HA)	MUESTREO DE EPÍFITAS EN VEDA BAJO RESOLUCIÓN 0213 DE 1977 (ANLA, 2022)	MUESTREO EN "OTROS SUSTRATOS" DE VASCULARES Y NO-VASCULARES EN VEDA (ANLA, 2022)
23	Helobioma Villavicencio	311123 Palmares	34,96844179	Aplica	Aplica
24	Helobioma Villavicencio	321121 Herbazal denso inundable no arbolado	74,58151838	Aplica	Aplica
25	Helobioma Villavicencio	321122 Herbazal denso inundable arbolado	35,38616451	Aplica	Aplica
26	Hidrobioma Villavicencio	511 Ríos	167,5031613	N/A	Aplica
27	Hidrobioma Villavicencio	512 Lagunas, lagos y ciénagas naturales	22,87622094	N/A	Aplica
28	Hidrobioma Villavicencio	513 Canales	20,97740591	N/A	Aplica
29	Hidrobioma Villavicencio	514 Cuerpos de agua artificiales	13,43465866	N/A	Aplica
30	Hidrobioma Villavicencio	5142 Lagunas de oxidación	6,050343654	N/A	N/A
31	Hidrobioma Villavicencio	5143 Estanques para acuicultura continental	7,736468365	N/A	N/A
32	Territorios Artificializados	112 Tejido urbano discontinuo	57,07652567	Aplica	Aplica
33	Territorios Artificializados	121 Zonas industriales o comerciales	26,93829803	N/A	N/A
34	Territorios Artificializados	142 Instalaciones recreativas	98,11024229	N/A	N/A
35	Territorios Artificializados	1221 Red vial y territorios asociados	145,4674159	Aplica	Aplica
36	Territorios Artificializados	1312 Explotación de hidrocarburos	152,9339857	N/A	N/A
37	Territorios Artificializados	1321 Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	5,019512725	N/A	N/A
38	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	211 Otros cultivos transitorios	66,0949626	N/A	N/A
39	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	221 Cultivos permanentes herbáceos	82,63631906	N/A	N/A
40	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	222 Cultivos permanentes arbustivos	9,765040402	N/A	N/A
41	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	223 Cultivos permanentes arbóreos	33,49986314	N/A	N/A
42	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	224 Cultivos agroforestales	14,44135491	Aplica	Aplica
43	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	231 Pastos limpios	8247,338546	Aplica	Aplica
44	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	232 Pastos arbolados	792,2859	Aplica	Aplica
45	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	233 Pastos enmalezados	551,9259196	Aplica	Aplica
46	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	241 Mosaico de cultivos	9,481062718	Aplica	Aplica

N°	BIOMA	COBERTURAS TOTALES EN EL AI FÍSICO BIÓTICA PARA EL AD BUCARE	ÁREA COBERTURA DE LA TIERRA (HA)	MUESTREO DE EPÍFITAS EN VEDA BAJO RESOLUCIÓN 0213 DE 1977 (ANLA, 2022)	MUESTREO EN "OTROS SUSTRATOS" DE VASCULARES Y NO-VASCULARES EN VEDA (ANLA, 2022)
47	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	314 Bosque de galería y/o ripario	2084,937129	Aplica	Aplica
48	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	315 Plantación forestal	211,2002035	Aplica	Aplica
49	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	2121 Arroz	259,3894144	N/A	N/A
50	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	2122 Maíz	147,7568009	N/A	N/A
51	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	2152 Yuca	7,056214691	N/A	N/A
52	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	2222 Café	31,13262789	N/A	N/A
53	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	2223 Cacao	16,78333886	N/A	N/A
54	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	2232 Palma de aceite	6704,38183	N/A	N/A
55	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	2233 Cítricos	6,120835636	N/A	N/A
56	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	2241 Pastos y árboles plantados	79,71593848	Aplica	Aplica
57	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	3231 Vegetación secundaria alta	594,4898139	Aplica	Aplica
58	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	3232 Vegetación secundaria baja	278,7808931	Aplica	Aplica
59	Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	31111 Bosque denso alto de tierra firme	171,7602289	Aplica	Aplica
TOTAL (ha)			**25005,03**	**Si aplica: 25 No aplica: 34**	25005,03431

Fuente: SGI S.A.S, 2025

En la **Figura 1-99** se presentan los puntos de muestreo propuestos para la caracterización de las especies vasculares y no vasculares en el Área de influencia Físico-Biótica para el Área de desarrollo Bucare.

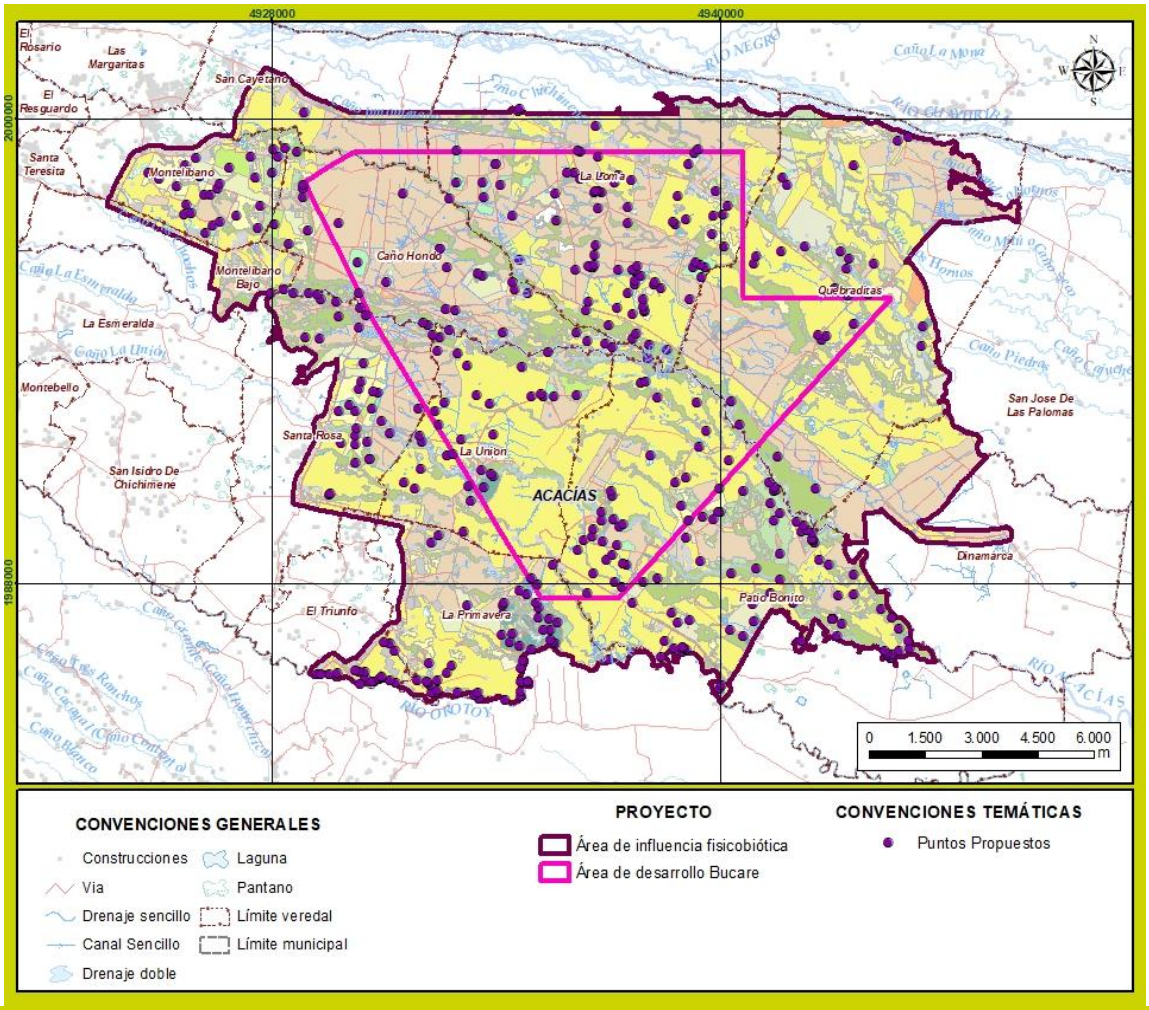


Figura 1-99 Pre-muestreo para la caracterización de las especies vasculares y no vasculares de diferentes hábitos de crecimiento

Fuente: SGI S.A.S., 2025

1.5.3.4.3.2 Fase de campo

El trabajo de campo se realizó en el periodo de tiempo comprendido entre el 31 de mayo al 26 de julio de 2025, esta fase de campo consistió en la captura de información primaria, proceso mediante el cual se obtuvieron los datos relacionados con las especies en veda y otras formas de vegetación existente en el área de influencia físico – biótica del proyecto.

- ✓ **Unidades de muestreo**

La unidad de muestreo empleada para esta caracterización correspondió a cada forófito "árbol individual" y/o cuadrante de 1x1 m muestreado en cada una de las unidades ecosistémicas objeto de caracterización conforme a su aplicabilidad establecida en la Circular Externa 00002 de 2022 de la ANLA. **El muestreo empleado fue de tipo preferencial**, orientado a la selección de sustratos (árboles y/o cuadrantes) con alta presencia de especies vedadas, lo que permitió maximizar la representatividad de las especies registradas en el área de estudio. Esta metodología priorizó sitios con condiciones ecológicas favorables para su desarrollo, con el fin de obtener un inventario más completo y efectivo de la diversidad presente en el área. El resultado se ve reflejado en el comportamiento asintótico de las curvas de acumulación de especies, en concordancia con el

número de especies esperadas según los estimadores de riqueza empleados **(Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/4_Curvas de acumulación; Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/5_Representatividad_muestreo**). En **Tabla 1-104,** se presentan los criterios de selección de los forófitos que fueron tenidos en cuenta para la evaluación de las especies con hábito epífito.

Tabla 1-104 Criterios de selección de forófitos

VARIABLE	MEDIDA	OBSERVACIÓN Y EXCEPCIONES
Altura	>7 m	En caso de no encontrar forófitos de ese porte, se buscaron los individuos con las mayores alturas disponibles en la cobertura a caracterizar y se registraron fotográficamente esta condición (por ejemplo en arbustales)
DAP	>10 cm	Se procuró buscar los árboles con los mayores diámetros disponibles en la cobertura (p.e. >5 cm)
Corteza		No exfoliable, rugosas.
% Epifitas	>40 %	Se buscaronforófitos que presenten los mejores crecimientos.
Distancia mínima entre árboles	25 m	En caso de que estas distancias no cumplieran por una condición particular del parche de vegetación a caracterizar, se buscaron individuos cuya separación no fueramenor a 20 m.
Copas		Idealmente con alta diversificación con horquillas horizontales.

Fuente: MADS. Metodología para la caracterización de especies de flora en veda. Circular 82010-2-808 de 9 de diciembre de 2019

En la **Tabla 1-105,** se presenta un resumen de la descripción del método por cada tipo de hábito de crecimiento.

Tabla 1-105 Métodos de muestreo para especies en "otros sustratos"

HÁBITO	TIPO ORGANISMOS	MÉTODO
Otros sustratos (rupícola y terrestre)	Vasculares Censo del 100% de los individuos en cada parcela de 1 x1 m	Dentro de cada una las parcelas se realizó el conteo al 100 % de individuos vasculares.
	No vasculares mínimo 6 parcelas de 1 x 1 m por cobertura	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 cuadricula en acetato.

Fuente: MADS. Metodología para la caracterización de especies de flora en veda. Circular 82010-2-808 de 9 de diciembre de 2019

Para las siguientes tres (3) coberturas: Arenales, Canales y Cuerpos de Agua Artificiales, se muestrearon únicamente las especies vasculares y no vasculares en "otros sustratos" según se indica en la Circular Externa 00002 de 2022 de la ANLA, sin embargo, no se observaron especies en veda en estas coberturas en el en el Área de influencia físico-biótica **(Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/1.Base de datos**, **Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/6. Transectos**. **y Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular /5. Representatividad_muestreo).**

En total se obtuvieron 3980 registros, distribuidos en 184 helechos arborescentes y 2414 puntos de muestreo, de ellos 910 forófitos (árboles y/o arbustos) y 1504 parcelas de 1 x 1 m para la evaluación de las especies en "otros sustratos". Los 2414 puntos de muestreo se dividen en 1509 puntos de

muestreo con registros positivos (equivale a 62,51% con presencia de especies con y sin veda) y 905 con registros negativos (37,48% sin registros o presencia de especies), los cuales indican que se realizó la búsqueda de especies en veda nacional (orquídeas, bromelias, líquenes y/o briófitos) en las unidades de muestreo (forófito y/o cuadrante) pero en el Área de influencia físico-biótica no se desarrollan o registraron estas especies, lo que permite evidenciar la intencionalidad de búsqueda en determinados ecosistemas, sin encontrar actualmente estas especies en el Área de influencia físico-biótica. Con respecto a los 905 muestreos "sin registro", 12 corresponden al hábito epífito y 893 a cuadrantes.
(**Figura 1-100**, **Tabla 1-106**, **Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/1.Base de datos**, **Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/6. Transectos**. **y Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/5. Representatividad_muestreo).**

Tabla 1-106 Distribución de datos "sin registro" por cobertura de la tierra y sustrato

BIOMA	NOMENCLATURA	COBERTURA DE LA TIERRA	N° IND FÓROFITOS	N° DE CUADRANTES	TOTAL
Helobioma Villavicencio	231	Arenales	0	25	25
	232	Bosque de galería y/o ripario	1	31	32
	233	Bosque denso alto inundable	0	4	4
	314	Herbazal denso inundable arbolado	0	52	52
	315	Herbazal denso inundable no arbolado	0	33	33
	411	Palmares	0	1	1
	3231	Pastos arbolados	5	15	20
	3232	Pastos enmalezados	0	17	17
	3312	Pastos limpios	0	162	162
	31112	Plantación forestal	0	6	6
	311123	Vegetación secundaria alta	0	15	15
	321121	Vegetación secundaria baja	0	8	8
	321122	Zonas pantanosas	0	37	37
Hidrobioma Villavicencio	511	Canales	0	10	10
	512	Cuerpos de agua artificiales	0	13	13
	513	Lagunas, lagos y cienagas naturales	0	40	40
	514	Ríos	0	61	61
Territorios Artificializados	112	Red vial y territorios asociados	0	18	18
	1221	Tejido urbano discontinuo	0	33	33
Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	224	Bosque de galería y/o ripario	0	20	20
	231	Bosque denso alto de tierra firme	0	5	5
	232	Cultivos agroforestales	0	4	4
	233	Mosaico de cultivos	0	5	5
	241	Pastos arbolados	5	31	36
	314	Pastos enmalezados	0	27	27
	315	Pastos limpios	0	156	156
	2241	Pastos y árboles plantados	1	7	8
	3231	Plantación forestal	0	34	34
	3232	Vegetación secundaria alta	0	9	9
	31111	Vegetación secundaria baja	0	14	14
Total			**12**	**893**	**905**

Fuente: SGI S.A.S., 2025

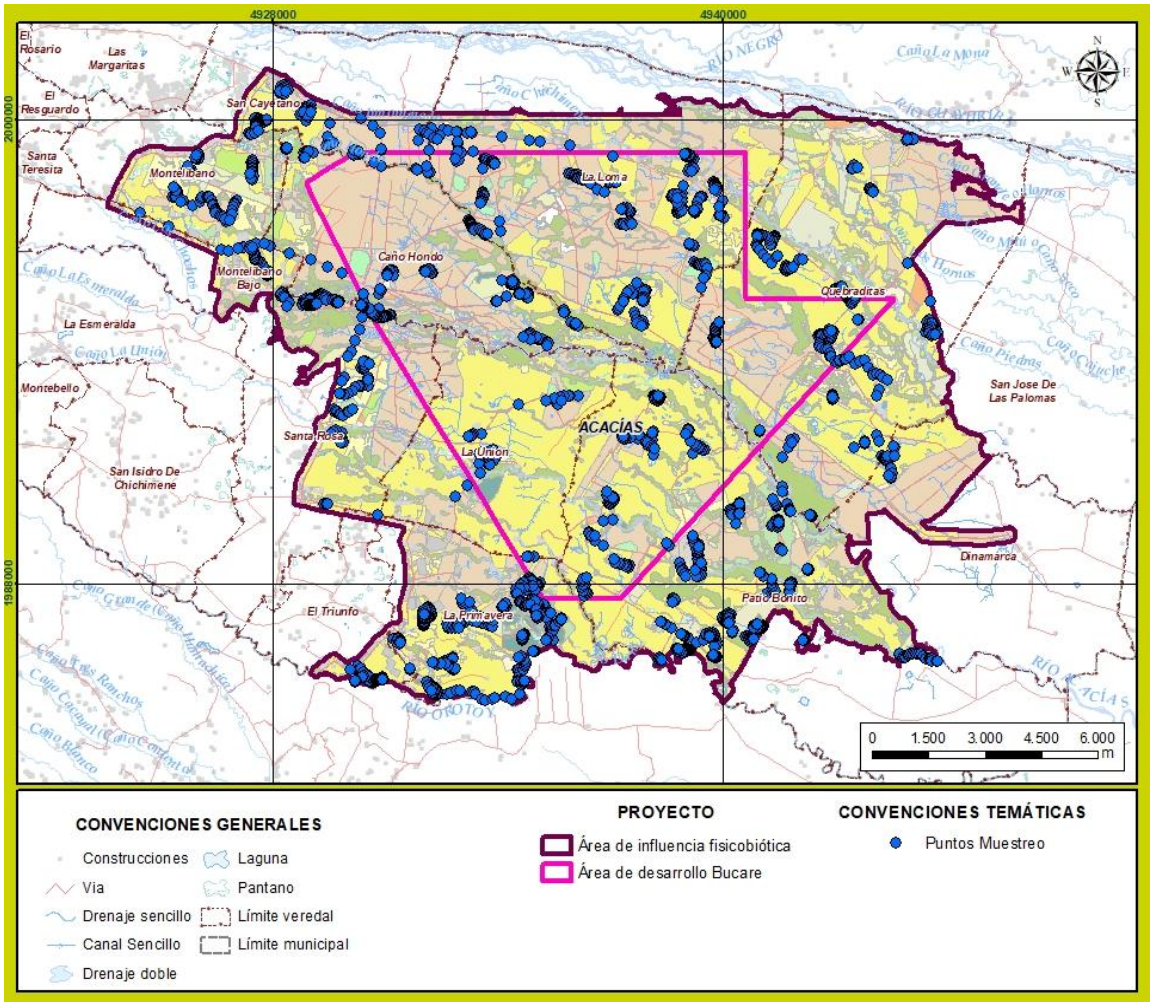


Figura 1-100 Localización general de los puntos de muestreo de especies vasculares (con y sin veda) y no vasculares en veda nacional
Fuente: SGI S.A.S., 2025

- ✓ Especies vasculares
  - o Especies vasculares de hábito epífito

El muestreo de las especies epífitas se llevó a cabo sobre forófitos en pie, con registros en las cinco zonas de la metodología de (Johansson, 1974). Con la ayuda de binoculares o un teleobjetivo en trípode, con un zoom mayor a 40x se registraron las epífitas sin necesidad de realizar un ascenso a dosel, ventaja que permitió conocer y registrar la disposición a lo largo de los forófitos de (Johansson, 1974) (ver **Fotografía 1-30**).



Fotografía 1-30 Toma de datos al forófito
Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional
Este: 4942955,71– Norte: 1995571,14
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Estructura vertical de las epífitas vasculares

Las especies epífitas se distribuyen de manera vertical sobre el forófitos o árbol hospedero de acuerdo con las diferentes exigencias medioambientales, tales como disponibilidad de agua, luz, humedad y temperatura. La estratificación vertical es el resultado de la variación micro climática desde la parte alta del dosel, hasta el interior del bosque y debe ser pronunciada en bosques altos y cerrados, donde el cambio micro climático es más acentuado (Shaw, 2004). 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 briófitas en los hospederos (Gradstein, 2003), (Krömer, 2003), y (Cardelús, 2005).

En la **Figura 1-101** se presenta el esquema de los estratos propuestos por Johansson (1974), las cuales se describen a continuación:

- Sección **I:** Parte basal del tronco (0-3m).
- Sección **II:** Parte media del tronco 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).

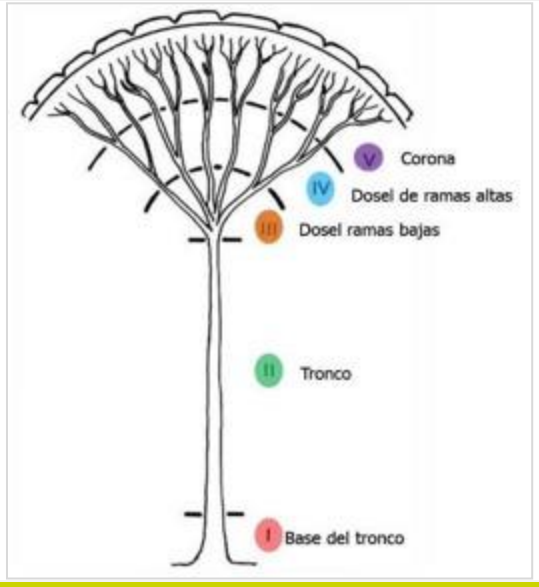


Figura 1-101 Subdivisión del forófitos en estratos verticales según la metodología de Johansson (1974)
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para cada uno de los individuos que fueron registrados se tomaron los siguientes datos mediante el aplicativo Fulcrum® (formato digital):

- Coordenadas (Forófitos)
- Código del forófitos en inventario forestal
  - Código de la morfoespecie en campo de las epífitas en veda
  - Distribución mediante las zonas de Johansson
  - Tipo de hábito
  - Abundancia relativa
  - Tipo de cobertura
  - Determinación taxonómica
  - Fotografía

A cada muestra de especies de epífitas, se le asignó un número único consecutivo, con su correspondiente identificación, anotando sus características taxonómicas (ver **Figura 1-102**).

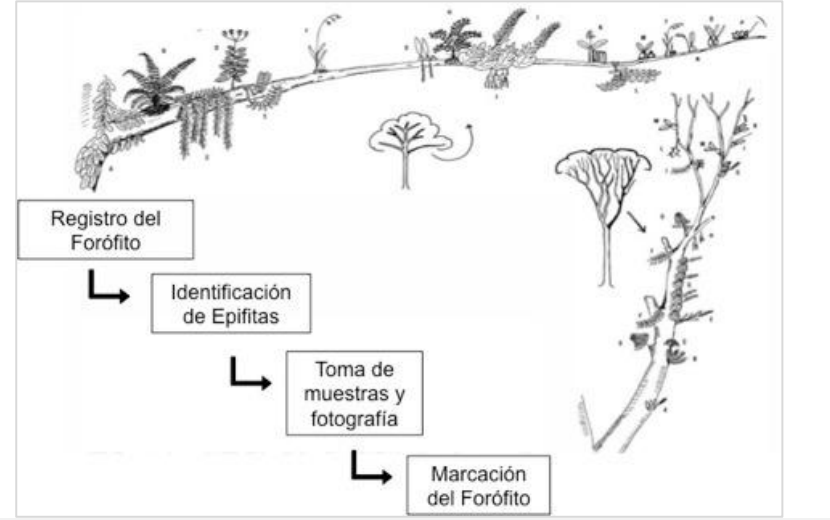


Figura 1-102 Toma de datos en campo de especies epífitas
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Especies vasculares en otros sustratos

Durante los recorridos en las diferentes unidades ecosistemas, los profesionales de campo establecieron las parcelas de 1 x 1m para el conteo de estos individuos, preferiblemente en los lugares donde se desarrollen especies vasculares (ver **Fotografía 1-31**).

La Circular 8201-2-808 del 9/dic/2019 de MADS indica dos tipologías de "otros sustratos" (terrestres y rupícolas), sin embargo, para el presente EIA y como se muestra en la **Tabla 1-107** se establecieron las siguientes especificaciones y subdivisiones para las especies de "otros hábitos de crecimiento".

Tabla 1-107 Especificaciones y subdivisiones para especies de "otros hábitos de crecimiento"

HÁBITO DE CRECIMIENTO	SUSTRATO	ID DE CUADRANTES	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO DE GÉNEROS MÁS FRECUENTES Y ABUNDANTES (VASCULARES EN VEDA)
Terrestre	Suelo	TER	Suelo, sobre la superficie del suelo. Pendientes 0-60° de inclinación	Bromélias: *Ananas, Bromélia, Aechmea*. Orquídeas: *Sobralia, Epidendrum*
	Barrancos	BARR	Flancos expuestos, usualmente en cortes de carreteras de zona andina	Bromélias: *Pitcairnia, Aechmea*. Orquídeas: *Sobralia, Epidendrum, Elleanthus.*
Rupícola	Roca	ROC	Roca	Bromélias: *Tillandsia*. Orquídeas: *Prosthechea, Caularthron, Cyrtopodium*
Humícola	Humus	HU	Literalmente sobre la superficie del suelo, capa de humus	_
	Tronco caído	TRO	Trozas de madera caídas naturalmente o cortadas que se están descomponiendo, incluyendo tocones de manera en descomposición	(Usualmente las especies que estaban como epífitas en esos árboles o plantas de semillas de áreas aledañas que inician su desarrollo)
	Muerto en pie	MP	Fustales muertos que se descomponen en pie	

Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-31 Cuadrantes para el conteo de especies en otros hábitos
Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional
Este : 4934579,85– Norte : 1995571,14
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Colecta y preservación de muestras

Para la colecta de muestras botánicas se tuvo en cuenta las Técnicas de campo propuestas por el Jardín Botánico de Missouri. En lo posible se recolectaron muestras que se encontraron en estado de floración y/o fructificación (fértiles), tomando una sola muestra de cada morfoespecie (ver **Fotografía 1-32 y Fotografía 1-33**). Su preservación se basó en la metodología descrita en la **Tabla 1-108**.

Tabla 1-108 Técnicas de preservación, movilización y transporte para la flora vascular

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
Prensado y alcoholizado. Epifitas vasculares recolectadas fueron limpiadas, seleccionadas y extendidas cuidadosamente en papel periódico formando un cuadro de máximo 60 x 30 cm, permitiendo visualizar todas las características vegetativas y reproductivas (de existir), posteriormente serán atomizadas con alcohol al 70% para su conservación, se introducen en bolsas plásticas con cierre hermético y empapadas con alcohol al 70 %, cada muestra fue etiquetada. Se agruparon los paquetes de papel periódico unos sobre otros dependiendo de la cantidad de muestras presentes, sujetándolos y prensándolos entre dos cartones e introducidos en una bolsa plástica impregnada de alcohol al 70%.	Las muestras fueron transportadas con cuidado de no perforar las bolsas plásticas, para ello se cubrieron con varias bolsas plásticas y se transportaron en cajas plásticas/cartón con tapa, conservando las muestras a oscuras y frescas para su ingreso en una colección biológica.

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

Para las especies de bromelias y orquídeas de porte pequeño se recolectaron plantas completas y para las grandes se describieron sus características (hojas: longitud, equitantes o en roseta, bordes; inflorescencias: longitud, tipo, ramificaciones; brácteas: tipo, cubierta de escamas o pilosidades y/o coloraciones). Luego se tomaron una o dos hojas basales completas y se doblaron según su tamaño en forma de L, N, Z o M, o bien se seccionaron y se anotaron para evidenciar su morfología. Las inflorescencias grandes se recolectaron en tres secciones: un eje basal, uno medio y uno apical. Para especies ramificadas se eliminaron uno de los dos lados y en el caso de las carnosas se seleccionaron por la mitad según la metodología de (Aguirre, 1986) y (Rodríguez E. F., 2002).

	
Fotografía 1-32 Colecta de especies vasculares en veda Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional ***Este : 4932084,32– Norte: 1987202,27*** ***Fuente: SGI S.A.S, 2025***	**Fotografía 1-33 Montaje de especies vasculares** Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional ***Este : 4932084,32– Norte : 1987202,27*** ***Fuente: SGI S.A.S, 2025***

- ✓ Especies no vasculares

  - o Especies no vasculares de hábito epífito

La cobertura de hepáticas, líquenes y musgos de hábito epífito se cuantifico con la utilización de plantillas de acetato transparente con áreas de 100 cm^2 y/o 600 cm^2 (ver **Figura 1-103**). La plantilla de 600 cm^2 fue empleada en superficies uniformes, como fustales de las coberturas boscosas, mientras la plantilla de 100 cm^2 fue usada en superficies irregulares en las cortezas y ramas. Para estimar la cobertura de cada una de las especies se ubicó la plantilla sobre el sustrato, y la cobertura se estimó registrando el área ocupada de cuadrados de un (1) cm, por tanto, la abundancia fue estimada en superficie colonizada en cm^2 de especies no vasculares (ver **Fotografía 1-34**).

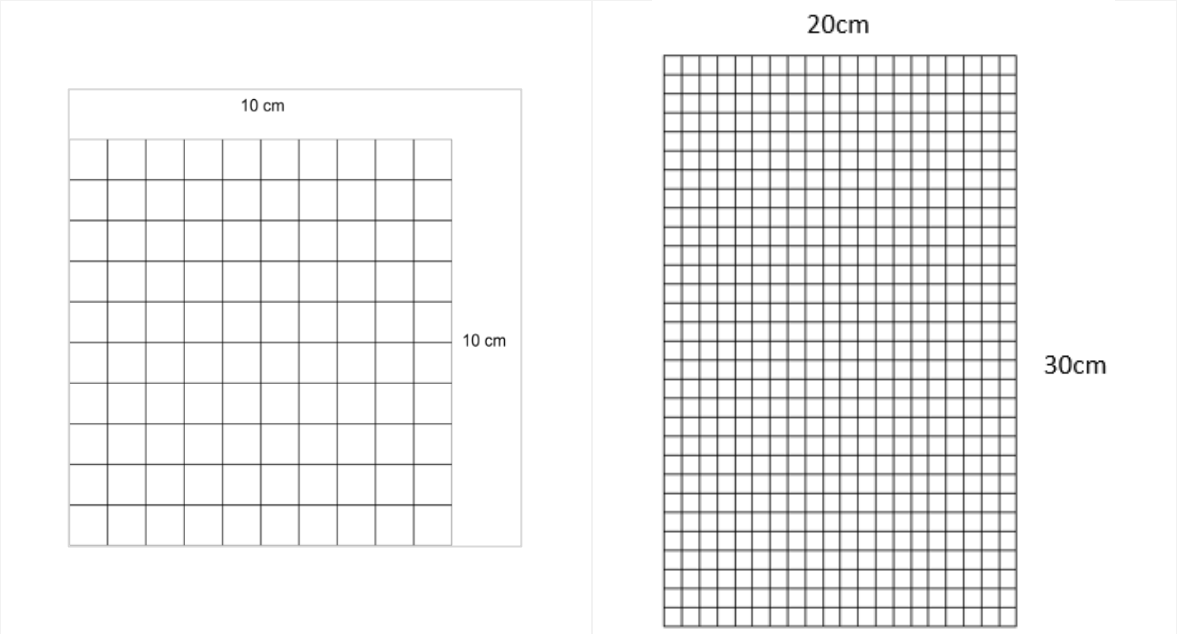


Figura 1-103 Cuadrícula de 10x10 cm y 20x30 cm empleadas para el cálculo de cobertura de especies no vasculares
Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional
Este: 4943389,44– Norte: 1995298,68
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-34 Cálculo de cobertura de epífitas no vasculares mediante el uso de cuadrículas
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Especies no vasculares en otros sustratos

Para la estimación de la cobertura de las especies no vasculares en otros sustratos como troncos "habito cortícola", rocas "habito rupícola" y suelo o barrancos "habito terrestre" igualmente se empleó mínimo seis (6) parcelas de 1 x 1m en cada ecosistema. Adicionalmente, se implementó una

cuadricula flexible de acetato de 10 x 10 cm (subcuadrante) dividido en cuadros de 1 cm (100). Utilizando máximo de 6 subcuadrantes de 10 x 10 cm en cada parcela (ver **Figura 1-104**). La sumatoria de los subcuadrantes es el valor de cobertura total de estas especies. Se realizó el registro fotográfico en macro de las especies muestreadas (ver **Fotografía 1-35**).

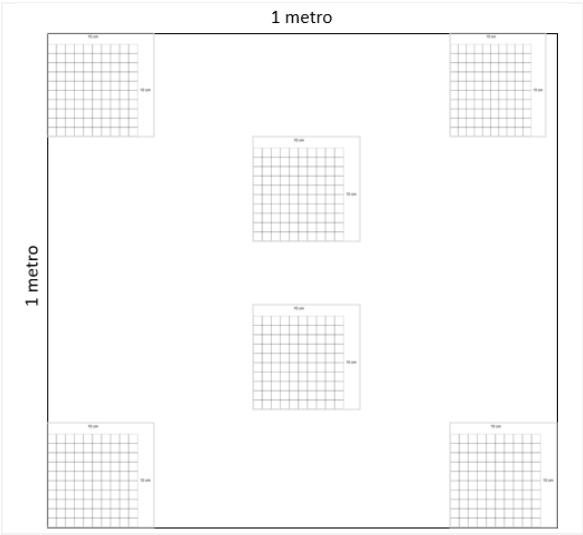


Figura 1-104 Cuadrante de 1 x 1 m y subcuadrantes de 10 x 10 cm empleadas para el cálculo de cobertura de las especies no vasculares de hábito terrestre
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-35 Cuadrante de 1 x 1 m para el cálculo de cobertura de flora no vascular de hábito terrestre
Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional
Este: 4944333,13– Norte: 1991173,14
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Colecta y preservación de muestras

Las muestras fueron extraídas con la ayuda de una espátula, machete y/o cuchillo (ver **Fotografía 1-36**), cada muestra botánica fue depositada en bolsas de papel A4 de 10 X 14cm, la cual fue posteriormente rotulada (ver **Fotografía 1-37**). Para cada morfotipo se colecto una muestra considerable, aproximadamente del tamaño de la palma de la mano, con preferencia de material fértil. Posteriormente, en campo se realizó el secado de los ejemplares al aire libre o en un lugar semicubierto, usualmente extendiéndolas sobre las envolturas (Bowles, 2004)

En las planillas de campo fue consignado el ID del forófito y/o de la parcela, estrato, sustrato, hábito de crecimiento, forma de crecimiento, abundancia y coordenada del forófitos y/o parcelas de especies no vasculares (ver **Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/1. Base_de_datos**).



Fotografía 1-36 Colecta de muestras no vasculares
Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional
Este: 4930548,63– Norte: 1993329,47
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-37 Almacenamiento de muestras no vasculares en veda
Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional
Este: 4930548,63– Norte: 1993329,47
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En la **Tabla 1-109** 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, otorgado a la empresa Servicios Geológicos Integrados S.A.S. - S.G.I. S.A.S mediante la Resolución No. 1580 (19 Julio 2023).

Tabla 1-109 Técnicas de preservación, movilización y transporte para epífitas no vasculares.

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
En seco. Epifitas no vasculares recolectadas fueron limpiadas, seleccionadas permitiendo visualizar las características vegetativas y reproductivas (de existir) y se dejaron secar al medio ambiente, posteriormente se guardaron en bolsas de papel sin químicos y sin alcoholizar la muestra, cada bolsa de papel fue etiquetada. Dependiendo de la cantidad de muestras se agruparon las bolsas de papel unas sobre otras y se guardaron en bolsas de papel de mayor tamaño.	Las muestras fueron transportadas con cuidado de no perforar las bolsas de papel, para ello se transportaron en cajas plásticas/cartón con tapa, conservando las muestras a oscuras y frescas hasta su movilización a la colección biológica

Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.3.4.3.3 Fase Post-campo

- ✓ Representatividad del muestreo – Curvas de acumulación de especies

Para identificar las unidades ecosistémicas donde aplica muestreo, se utilizó el instrumento estandarizado para el "Cálculo de la representatividad del muestreo de especies en veda nacional bajo resolución 0213 de 1977 del INIDERENA por cobertura de la tierra", establecido mediante la Circular Externa 00002 de 2022 de ANLA, teniendo en cuanta que para el presente proyecto la representatividad está dada por las curvas de acumulación de especies, debido a que, el proyecto no cuenta con un área de intervención definida.

Para el presente estudio se evaluó la representatividad del muestreo para las especies vasculares y no vasculares de diferentes hábitos de crecimiento, mediante la realización de curvas de acumulación de especies por cada unidad ecosistémica susceptible de intervención del proyecto. La

curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma de cómo las especies van apareciendo en las unidades de muestreo (Forófitos y/o cuadrantes) o de acuerdo con el incremento en el número de individuos vasculares y/o la presencia de especies no vasculares hasta que las especies observadas presenten un comportamiento asíntotico para los estimadores de riqueza empleados. Para tal fin se empleará el software Estimates Biodiversiti Estimatios de Robert Colwell versión 9.1.0, software libre disponible en http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/.

Para los organismos no vasculares se utilizaron estimadores de diversidad no paramétricos (CHAO 2, ICE y Bootstrap), mientras que para las especies vasculares en veda nacional (**orquídeas y bromelias**) se utilizarán estimadores de diversidad paramétricos (CHAO 1, ACE y Cole Rarefaction) de conformidad a lo propuesto en la Circular de número 8201-2-808 del 09 de diciembre de 2019 de MADS. La eficiencia o porcentaje de representatividad se calculó en función a las especies registradas -vs- las especies esperadas para cada tipo de unidad ecosistémica y macro hábito de crecimiento, en donde el registro de más del 85% de las especies esperadas en cualquiera de los **estimadores** empleados se considera un muestreo representativo. En el **Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/4_Curvas_de_acumulacion** se presentan los datos de ingreso y salida del software y la representación gráfica de las curvas.

- ✓ Determinación taxonómica

En la carpeta **Anexos/Anexo_Biotico/6.2_Ecosistemas_terrestres/6.2.3_Flora_vascular_y_no_vascular/3_Certificado_de_determinacion** se consolidaron los certificados de determinación taxonómica para cada gran grupo taxonómico (Vascular con y sin veda / No vasculares en veda).

- ✓ Análisis de la información

Al momento de contar con la determinación taxonómica de cada morfo, se actualizó el Anexo de la Base de datos y se realizó el análisis de riqueza y abundancia de las especies registradas conforme a su hábito de crecimiento (terrestre, rupícola, humícola y epífito). Para las especies de hábito epífito se desarrolló un análisis de preferencia de colonización por especie de forófitos.

Para evaluar la relación entre la riqueza y la abundancia de epífitas vasculares y no vasculares asociadas a los forófitos, los análisis se realizaron en R (R Core Team, 2024). Para ambos grupos biológicos se utilizó la prueba Kruskal-Wallis, implementada en el paquete base stats, con el fin de identificar diferencias significativas en la abundancia y riqueza por forófito. Adicionalmente, se aplicó una correlación de Spearman, también desde stats, para determinar posibles tendencias positivas o negativas entre ambas variables e identificar patrones de asociación ecológica.

Los análisis post-hoc derivados de resultados significativos de Kruskal-Wallis se llevaron a cabo mediante el paquete FSA ((Derek H., Patrick, & Alexis, 2024), que incluye la función dunnTest() para comparaciones múltiples de Dunn, y en casos complementarios se utilizó el paquete dunn.test (Dinno, 2017).

Para la visualización de resultados, las correlaciones y patrones de relación se graficaron empleando los paquetes ggplot2 (Wickham, 2016), que permiten generar gráficos de dispersión con líneas de tendencia y anotación del coeficiente de Spearman.

- ✓ Categoría de abundancia de las especies no vasculares

Para las especies se llevó a cabo la descripción de la abundancia de las especies no vasculares en el área del proyecto, mediante la cualificación de cinco (5) categorías: Muy abundante, Abundante,

Poco abundante, Escaso y Raro, para lo cual se utilizarán los datos totales de la cobertura en cm^2 obtenida en campo para cada especie así:

- Raro = 0 a 10 cm^2,
- Escaso = 11 a 100 cm^2,
- Poco abundante = 101 a 1.000 cm^2,
- Abundante = 1.001 a 10.000 cm^2,
- Muy abundante = 10.001 cm2 en adelante.

✓ Índices de diversidad

Los índices ecológicos son herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones dentro de las comunidades y entre ellas. Como parte de los objetivos de sus usos, es determinar la diversidad de las comunidades; para calcularlos es necesario contar con más de una especie (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población (Barnes & Massarini, 2008)

Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Así como identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de estas o en la dominancia que pueden presentar en total o en cada una de las coberturas estudiadas, permitiendo alertar sobre procesos que alteren la diversidad o riqueza en los ecosistemas (Magurran A. , 1988).

El planteamiento estadístico se basa en el cálculo y la comparación de las riquezas y abundancias de las especies no vasculares y vasculares que se registraron en el área de influencia físico – biótica para el Área de Desarrollo Bucare, esto con el fin de identificar la estabilidad o causas que estén moldeando las poblaciones de los organismos de hábito epífito y de otros hábitos de crecimiento registradas.

Para el cálculo de los índices ecológicos se hará uso del programa estadístico PAST 3; el análisis estadístico estará determinado por los índices ecológicos de Shannon-Wiener (H'), Simpson (λ), los cuales se describen a continuación en la **Tabla 1-110**.

Tabla 1-110 Índices ecológicos.

ÍNDICE	CONCEPTO	FORMULA	VARIABLES	RANGO
Shannon Wiener (Diversidad)	Tiene en cuenta la igualdad en el número de organismos por especie (abundancia). Un sistema es más diverso cuanto mayor sea la igualdad en las abundancias. X<1,5, diversidad baja; 1,5<X<3, diversidad media; 3<X, diversidad baja (Moreno, 2001).	H'= Pi Log2(pi) pi=ni/N	**H':** Índice de Shannon-Wiener. **Pi:** Abundancia relativa de la especie i. **ni:** Número de individuos de la especie i. **N:** Número total de especies.	0–5 Con algunas excepciones supera el valor máximo
Simpson (Dominancia)	Mide la probabilidad de que dos individuos de una muestra tomados al azar sean de la misma especie; está influenciado por las especies más dominantes (Moreno, 2001). Los valores más cercanos a 1 indican la dominancia de una o dos especies.	$Ds=pi^2$ pi=ni/N	**Ds:** Índice de Simpson. **Ni:** Número de individuos de la especie i. **N:** Número total de individuos.	0–1
Pielou (Equidad)	Es una relación entre la diversidad observada y el máximo valor de diversidad esperado. Varía entre cero (0) y 0.1, donde adquiere el valor de	$J' = \frac{H'}{H'max}$	J´=H´/H´ max Donde H´ max = ln (S) y H´ es el índice de Shannon-Wiener y S es el número total de especies presentes. J´=H'/ln(S).	0 – 1

ÍNDICE	CONCEPTO	FORMULA	VARIABLES	RANGO
	0.1 cuando todas las especies presentan la misma abundancia[4].			

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Determinación de especies bajo categoría de amenaza

Para la determinación del grado de amenaza de las especies que se registraron en el área de influencia físico – biótica para el Área de Desarrollo Bucare se aplicó la Resolución 0126 de febrero 06 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2024), listas rojas de la Union for Conservation of Nature (IUCN, 2025) y los apéndices de la (CITES, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, 2025). 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); Libro rojo de plantas de Colombia. Vol. 2: Palmas, Frailejones y Zamias de (Calderón, Galeano, & García, libro rojo de plantas de Colombia. Vol. 2: Palmas, Frailejones y Zamias, 2005) Serie Libros rojos de especies amenazadas; Libro rojo de Plantas de Colombia Vol. 3 (Bromelias, Labiadas y Pasifloras) de (García & Galeano, 2006); Libro Rojo de Briófitos de Colombia de (Linares, 2002); Libro rojo de plantas de Colombia. Vol. 6: Orquídeas, primera parte (Calderón, 2006)

1.5.3.4.4 Fragmentación y conectividad

La fragmentación del hábitat es un proceso complejo que se manifiesta no solo como un cambio dinámico, sino también como un patrón espacial dentro del territorio. Este fenómeno se caracteriza por la subdivisión de áreas naturales continuas en fragmentos más pequeños y aislados, lo que afecta la disposición espacial de los parches y tiene implicaciones significativas en la conectividad ecológica. La disposición y separación de los fragmentos influyen directamente en la movilidad de las especies entre ellos y, en consecuencia, en la dinámica de sus poblaciones. Esto puede traducirse en una pérdida de conectividad ecológica, definida como la capacidad del paisaje para facilitar los desplazamientos de las especies entre parches que contienen recursos esenciales para su supervivencia

Uno de los impactos más notables de la fragmentación es la alteración de las interacciones ecológicas, como la polinización y la dispersión de semillas, afectando la regeneración natural de los ecosistemas. Sin embargo, el impacto de la fragmentación varía según la configuración y el tamaño de los fragmentos, así como la permeabilidad del paisaje circundante.

La construcción de infraestructura, como carreteras y vías, es uno de los principales motores de la fragmentación. Estas estructuras actúan como barreras físicas que interrumpen los flujos naturales en el paisaje, generando parches más pequeños y aislados. No obstante, con una planificación adecuada, es posible mitigar estos efectos mediante estrategias como la creación de corredores biológicos y pasos de fauna, que restauran la conectividad funcional y permiten el desplazamiento de las especies entre fragmentos.

Aunque la fragmentación puede parecer negativa, no siempre implica una pérdida completa de funcionalidad ecológica. En ciertos casos, puede aumentar la heterogeneidad estructural del paisaje, lo que podría beneficiar a especies que requieren diferentes tipos de hábitats en proximidad. La clave está en diseñar paisajes que equilibren las necesidades humanas y ecológicas, promoviendo la sostenibilidad a largo plazo.

Los análisis de fragmentación y conectividad se llevaron a cabo mediante la interpretación estructural de dos temporalidades entres escenarios, utilizando coberturas de tierra de tipo natural y seminatural obtenidas a partir de la fotointerpretación de imágenes satelitales. El primero, correspondiente al

escenario multitemporal (2015), fue considerado como un punto de referencia inicial, permitiendo realizar comparaciones con el escenario sin proyecto (2024). Este enfoque facilitó identificar y evaluar los cambios en la configuración y composición del paisaje que han ocurrido a lo largo del tiempo.

El tercer escenario, denominado "con proyecto", incluye las coberturas del escenario sin proyecto (2024), pero añade la proyección hipotética de las posibles vías e infraestructuras asociadas al desarrollo del proyecto. Este escenario fue construido como un ejercicio teórico, diseñado para analizar los posibles impactos en la dinámica del paisaje una vez que el proyecto esté en operación, analizando el escenario más crítico de intervención. Es importante destacar que, debido a que se trata de un proyecto de hidrocarburos, las intervenciones estarán sujetas a la zonificación ambiental. Por ello, el escenario futuro se construyó de manera hipotética, considerando los lineamientos estipulados en el capítulo **4.5 Aprovechamiento Forestal** planteando el escenario más crítico, donde toda la infraestructura fuera construida.

El desarrollo de este componente se basó en los Términos de Referencia para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Explotación de Hidrocarburos (HI-TER-1-03), establecidos mediante la Resolución 1543 del 6 de agosto de 2010, emitida por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Asimismo, se tuvo en cuenta la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (2018), expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Esto con el objetivo de abordar los análisis desde una perspectiva técnica y normativa, garantizando que los resultados fueran coherentes con las exigencias propuestas por el ministerio y la autoridad nacional.

1.5.3.4.4.1 Análisis multitemporal

Para el desarrollo del análisis multitemporal, se evaluaron tres escenarios: el año 2015 (multitemporal), el año 2024 (escenario sin proyecto) y el escenario con proyecto, siguiendo los lineamientos establecidos en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales contenida en la Resolución No. 1402 del 25 de julio de 2018. Para todos los escenarios, se definieron las coberturas de la tierra dentro del área de influencia físico-biótica del área de desarrollo Bucare, utilizando la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.

El análisis incluyó la verificación y comparación de la distribución espacial y la extensión de las coberturas de la tierra identificadas en el área de influencia físico – biótica para el Área de Desarrollo Bucare. Este enfoque permitió identificar tendencias de cambio, destacando las coberturas que han experimentado mayor transformación del territorio. Asimismo, se determinaron las coberturas y usos del suelo que han mostrado un incremento significativo, identificándolos como vectores clave de transformación en el área.

1.5.3.4.4.2 Estructura del paisaje

La visión e interpretación del paisaje según Forman y Godron (1986), citado en Vila et al. (2006), ofrece una perspectiva integradora que combina tanto aspectos estructurales como funcionales. Desde esta aproximación, la funcionalidad ecológica del paisaje se entiende como un fenómeno dinámico influenciado por la disposición espacial y la interacción entre sus elementos principales: matriz, fragmento y corredor. La forma en que estos componentes están organizados, su proximidad o separación, y su relación con los procesos ecológicos determinan las características particulares y la heterogeneidad de cada paisaje.

En el contexto del área de influencia físico – biótica del proyecto, la estructura del paisaje fue caracterizada con base en las coberturas de suelo o tipos de hábitat identificados mediante la Metodología CORINE Land Cover, una herramienta ampliamente utilizada en estudios ambientales por su capacidad para estandarizar la clasificación de coberturas. Este análisis no solo permitió

mapear las coberturas, sino también establecer su relación con las especies de fauna presentes, lo que resultó fundamental para identificar áreas clave como refugios, corredores biológicos y zonas aptas para el mantenimiento de la biodiversidad. Además, para comprender de manera más precisa las interacciones entre los elementos del paisaje, se realizó un análisis detallado de su estructura, priorizando la evaluación de los tres elementos fundamentales del paisaje:

- Matriz: Como componente dominante del paisaje, la matriz desempeña un papel esencial en la conectividad y la regulación de las dinámicas ecológicas, influyendo tanto en la dispersión como en la persistencia de las especies.
- Corredores: Elementos lineales que conectan los parches entre sí, facilitando los flujos biológicos y ecológicos. Su función es crucial para mantener la continuidad ecológica y mitigar los efectos de la fragmentación.
- Parches: Áreas aisladas o fragmentos que, aunque menores en escala, albergan una alta biodiversidad y desempeñan un papel vital como reservorios de recursos críticos para las especies.

1.5.3.4.4.3 Caracterización del paisaje

La fragmentación tiene un impacto directo en la disposición espacial de los fragmentos de hábitat dentro del territorio, afectando significativamente la movilidad de las especies y, en consecuencia, la dinámica de sus poblaciones. Este fenómeno, desde una perspectiva funcional, se traduce en una pérdida de conectividad ecológica, entendida como la capacidad del paisaje para permitir el desplazamiento de las especies entre parches de hábitat.

Para el análisis de fragmentación, se emplearon herramientas especializadas destinadas a la obtención de métricas detalladas sobre la estructura y composición del paisaje. Este análisis se realizó de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MADS, 2018). Las herramientas utilizadas incluyeron V-LATE (Versión 2.0) y SAGA GIS (Versión 9.5.1), software que, de manera conjunta, permitieron calcular una serie de métricas clave para evaluar la fragmentación y la conectividad en el área de influencia físico – biótica del proyecto. El uso de estas herramientas facilitó un análisis riguroso de la estructura paisajística, proporcionando información precisa sobre la configuración y composición de los fragmentos de hábitat.

1.5.3.4.4.4 Obtención de métricas a nivel de parche, clase y paisaje.

Los cálculos fueron aplicados a conjuntos de fragmentos dentro de un mismo paisaje, clasificados por su tipo de uso del suelo y/o hábitat, y evaluados a nivel de parche. Esto implicó el análisis de aquellos fragmentos que comparten características iguales, específicamente coberturas naturales y seminaturales. Para llevar a cabo el estudio, se trabajó con los tres escenarios de análisis, cuyos resultados se interpretaron de manera comparativa para identificar patrones y dinámicas específicas en la estructura del paisaje.

Las métricas obtenidas permiten una evaluación detallada de la composición y configuración de las coberturas terrestres que integran el paisaje. Estas métricas incluyen indicadores como el área, la forma, y la longitud del borde de los fragmentos, entre otros. Además, aportan información sobre la dinámica de los procesos ecológicos asociados a dichas coberturas, convirtiéndose en una herramienta clave para la planificación y el manejo sostenible de los recursos naturales.

1.5.3.4.4.5 Obtención de métricas a nivel de parche

- Distancia euclidiana 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.

El valor de este índice, que se expresa en metros, se aproxima a cero a medida que disminuye la distancia al parche más cercano; si el valor es cero quiere decir que no existen más parches de la misma clase en la matriz de estudio (Buzai, 2004). La distancia estructural más corta puede no ser la distancia ecológica más corta y, de hecho, tiene valores diferentes para diferentes organismos (Matteucci, 2003). Por ello, la distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN) se modifica para obtener una medida funcional. En vez de medir la distancia más corta, se mide la distancia de menor costo y así, asignar un costo para conocer la resistencia de la matriz al organismo focal.

1.5.3.4.4.6 Obtención de métricas a nivel de clase

- **Área clase:**

El área de la clase es una medida analizada en hectáreas de las coberturas vegetales naturales y seminaturales. Este cálculo se realizará 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 físico – biótica del proyecto.

$$TCA = \sum_{j=1}^{a} a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

Dónde:
aij = área (m2) del parche
TCA = área total analizada, cuando toda ésta consiste en un solo parche del tipo de cobertura boscosa natural o seminatural considerado.

De acuerdo con (McGarigal, 1995) el área total es una medida de la composición del paisaje, analizado a partir de la cobertura que tiene importantes implicaciones ecológicas. El área proviene del tamaño medio de los fragmentos de una cobertura y se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos de dicha cobertura que se encuentran en un área de interés, dividido luego el resultado por el número de fragmentos. Esta métrica determina la cantidad de superficie neta por hectárea del paisaje, compuesto por un determinado tipo o clase de cobertura.

- **Numero 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 (Badii, M H; Landeros, J, 2006).

$$NP = n_i$$

NP = 1 cuando el área analizada contiene sólo un parche del tipo cobertura vegetal natural o seminatural considerada. nI = Es igual al número de parches del tipo de cobertura vegetal natural o seminatural considerada. Intervalo: NP ≥ 1.

El número de fragmentos de un ecosistema es una medida simple de la subdivisión o fragmentación de este. Sin embargo, según lo reportado por MacGarigal (1995), el número de parches de una clase puede ser importante para los procesos ecológicos, aunque con frecuencia tiene un limitado valor interpretativo, dado que no contiene información acerca del área, distribución o densidad de los parches.

- **Índice de forma**

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 (m2).
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.

- **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.

$$FRAC = \frac{2 \ln (.25\ p_{ij})}{\ln a_{ij}}$$

Pij: Perímetro en metros del parche ij.
aij: área en m2 del parche ij.

La dimensión fractal toma valores entre uno y dos (1 y 2). Valores cercanos a uno (1) indican formas geométricas sencillas con perímetros muy simples. Los valores se acercan a dos (2) conforme las formas se vuelven más complejas (Jean-François, 2000). El índice de dimensión fractal es importante

porque refleja la complejidad de la forma a través de una gama de escalas espaciales (tamaño de los parches).

- **Densidad de borde:**

La densidad de borde está dada por la suma de las longitudes de todos los segmentos del borde de los fragmentos del hábitat de interés, dividido por el área total del paisaje (en m^2). Es un valor que aumenta con los parches pequeños, tiene relación numérica directa con la fragmentación del hábitat hasta cierto nivel, ya que en caso de que la fragmentación crezca mucho, hasta el punto de que los parches de cobertura natural y seminatural analizados se unan, la densidad de borde puede disminuir debido al incremento de la razón perímetro área. El análisis de borde es utilizado igualmente para definir áreas centrales dado que estas no estarían afectadas por su efecto negativo sobre algunas especies sensibles al efecto borde. (ELIANO, 2010).

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.

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}}{A}$$

eik: 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 (m2)
i: incluye los límites del paisaje y segmentos del tipo de parche.

1.5.3.4.4.7 Obtención de métricas a nivel de paisaje

Para el análisis de diversidad a nivel de paisaje se utilizó como métrica de cobertura el índice de diversidad de Shannon. Los índices de diversidad son aplicados para medir la composición y estructura del paisaje, siendo utilizados por la sensibilidad a la riqueza y unidades ecosistémicas comunes.

- ✓ Índice de Shannon

El SHDI representa la abundancia proporcional de cada tipo de ecosistemas dentro del área de interés. Es un índice sensitivo a la rareza de algunos tipos de ecosistemas. Cuando el paisaje contiene solo un parche SHDI es igual a 0 (no hay diversidad). Este índice se incrementa a medida que aumenta el número de parches, o si la distribución proporcional de los parches entre las diferentes clases se hace más equitativa (Badii, M H; Landeros, J, 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:

- No de UP distintas (riqueza)
- Su reparto en términos superficiales dentro del ámbito paisajístico.

$$H' = \sum_{i=1}^{S} P_i \ln P_i$$

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.

- **Índice se Shannon**

El índice de uniformidad de Shannon (SHEI), expresa en forma absoluta una distribución uniforme del área entre los diferentes tipos de parche, es un índice en donde la uniformidad es el elemento predominante. Mide la distribución y abundancia de las teselas a nivel de paisaje. Para contemplar el índice de diversidad de Shannon, el SHEI indica con resultado 1 si la distribución y abundancia son uniformes, mientras si es 0, significa que no hay regularidad espacial (Badii, M H; Landeros, J, 2006).

1.5.3.4.4.8 Análisis de áreas centrales

Las áreas núcleo permiten generar un análisis cuantitativo y cualitativo sobre la amplitud del ecotono o hábitat de borde, en relación con el hábitat interior. En el caso del ecotono, es preciso determinar una amplitud que será diferente en función de las propias características ambientales de cada fragmento y el contraste en relación con el fragmento o los fragmentos colindantes (FORMAN, 1995). El hábitat de interior se considera fundamental para la presencia y el mantenimiento de fauna y flora especialista, es decir, más exigente en sus requerimientos ecológicos, mientras que el hábitat de borde facilita la presencia de especies generalistas (FORMAN, 1995).

El Análisis de áreas núcleo se efectúa por parte del método introducido por Riitters et al., 2000 (Riitters, 2000), e implementado por el Sistema Automatizado para el Análisis Geocientífico (System for Automated Geoscientific Analyses SAGA). Este método mide la cantidad de celdas adyacentes al bosque dentro de una ventana que es evaluada, determinando un grado de fragmentación. Los cálculos comienzan con la definición de la densidad Pf (proporción de celdas en la ventana que están cubiertos de bosque) y Conectividad Pff (en el sentido estricto y solo en puntos cardinales, de los pares de celdas que incluyan al menos una con bosque), donde en la
Figura 1-105, se identifican 6 categorías de fragmentación.

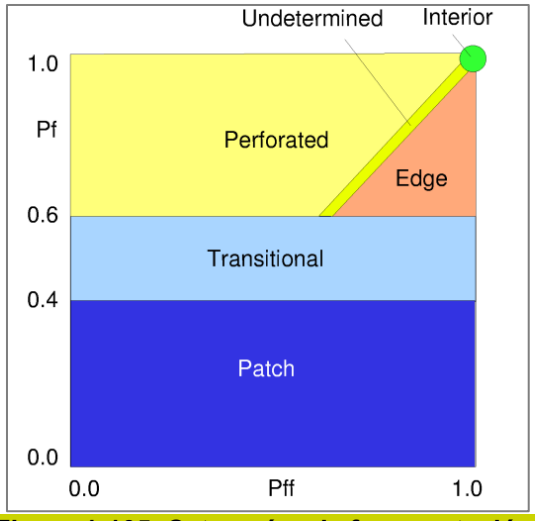
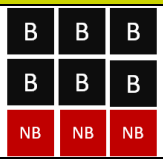
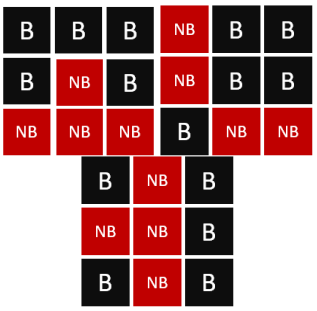
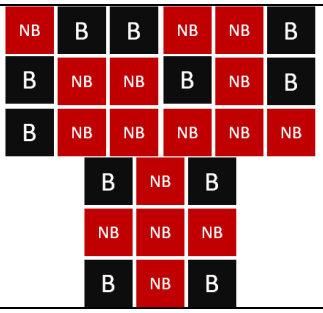
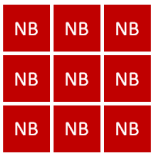


Figura 1-105 Categorías de fragmentación.
Fuente: Riitters et al., 2000

Una vez clasificados los pixeles por los resultados de Pf y Pff, el análisis espacial muestra la dinámica de los procesos de pérdida de continuidad de hábitat bajo las categorías definidas por el modelo donde resulta clasificada el área de acuerdo con los cambios potenciales en el área respecto a la modificación de algunos de los atributos de los ecosistemas, representados en el mantenimiento de áreas núcleo o de interior de bosque. Dichas categorías se determinan según las siguientes características (**Tabla 1-111**). Teniendo en cuenta esto, las coberturas que se asociaron al análisis corresponden a los bosques, palmares y vegetaciones secundarias con un tamaño de pixel de 5.
.

Tabla 1-111 Categorías resultantes análisis de fragmentación

CATEGORÍA DE FRAGMENTACIÓN	PATRÓN DE LA VENTANA DE ANÁLISIS	DESCRIPCIÓN
Núcleo **Interior**	B B B B B B B B B	Todos los pixeles de la ventana de análisis corresponden a BOSQUE (Pf: 1 y Pff: 12), correspondiendo a un elemento homogéneo que conserva las características de la matriz.
Perforado	B B B NB B B B B NB B B B NB B B B B NB NB B B B B B B B B	La mayoría de los pixeles de la ventana de análisis están representados por BOSQUE, pero corresponden al borde de un parche de bosque que colinda con pixeles de NO BOSQUE, aunque a manera de claros o perforaciones aleatorias no continúas.
Borde	NB NB B B B NB NB B B B B NB B B B B B NB	La mayoría de los pixeles de la ventana de análisis están representados por BOSQUE, pero corresponden al borde exterior de un parche de bosque que limita con un parche transformado a manera de frontera (patrón continuó).

CATEGORÍA DE FRAGMENTACIÓN	PATRÓN DE LA VENTANA DE ANÁLISIS	DESCRIPCIÓN
		
Transicional		Aproximadamente la mitad de los pixeles están representados por BOSQUE, pudiendo corresponder a perforaciones dentro de la matriz de bosque o a transformaciones significativas del borde de los mismos. Algunos de los pixeles de bosque tienen conectividad, pero son susceptibles a cambiar en el mediano y largo plazo, por lo que se encuentran en un estado de transición.
Parche		La ventana de análisis tiene una mayor densidad de pixeles de NO BOSQUE, siendo menor la presencia de pixeles con bosque, los cuales son susceptibles al cambio en el corto plazo, pues además de tener una baja conectividad (Pff), se encuentran rodeados de pixeles transformados.
Ninguno		Los pixeles de la ventana de análisis corresponden en su totalidad a NO BOSQUE. No obstante, en el escenario analizado estos se encuentran inmersos en una matriz de bosque a manera de claros, por lo que no tienen una naturaleza totalmente ajena al conjunto, siendo relevantes como áreas para restauración de procesos ecológicos.

Fuente: Riitters et al., 2000, adaptado por S.G.I., 2024.

1.5.3.4.5 Conectividad

1.5.3.4.5.1 Conectividad estructural: contexto paisajístico

El análisis de la conectividad ecológica se genera con base la información consignada en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de estudios ambientales (2018), donde el contexto paisajístico se refiere a la conectividad del fragmento del ecosistema natural estudiado con otros fragmentos de esta o diferente clase. Para su valoración y especialización se empleó un buffer de búsqueda de 500 metros en la periferia de cada fragmento tomando como referencia el área de influencia físico – biótica del proyecto. 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 1-112 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
Conectividad	Mínima	Media	Moderada	Fuerte	Extrema
Fragmentación	Extrema	Fuerte	Moderada	Media	Mínima

Fuente: S.G.I. S.A.S., 2024

Para el cálculo del contexto paisajístico se tuvo en cuenta la ecuación presentada en el Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad Resolución 1517 (agosto de 2012 MADS). En donde el "Contexto paisajístico CP (conectividad): se refiere a la conectividad del fragmento del ecosistema natural estudiado con otros fragmentos con coberturas naturales.

CP= AN/ATF

Dónde:
AN: Área natural dentro de la franja
ATF: Área total de la franja.

Adicionalmente, se toma la definición de Lozano et al. (2011), que indica que la fragmentación total del paisaje se estima a través de la relación del área del bosque y el área total. Esto referencia al contexto paisajístico definido anteriormente, por lo que se retoma y con base a una franja de 500 metros alrededor de las áreas núcleo de los fragmentos naturales evaluados, se determinó geográficamente la fragmentación del área de estudio. Como referencia en la **Tabla 1-112**, se asigna un valor de fragmentación extrema en aquellas áreas donde el contexto paisajístico toma valores de cero a 0,20, la fragmentación fuerte se da en aquellas áreas donde toma valores de 0,21 a 0,40 y así sucesivamente hasta llegar a una fragmentación mínima en donde el contexto paisajístico toma valores mayores de 0,8 hasta valores iguales a 1.

1.5.3.4.5.2 Conectividad funcional

La conectividad es aquella característica del paisaje que define la capacidad movimiento y dispersión de las especies, el intercambio genético, y otros flujos ecológicos a través de sus elementos constituyentes. (Sinchi, 2018).

Los movimientos de organismos entre elementos del paisaje pueden deberse a diferentes razones: movimientos locales asociados a su actividad diaria, movimientos de dispersión más amplios asociados a los ciclos reproductivos o movimientos migratorios (Forman, R, 1995). Independientemente de la causa por la que el organismo se desplaza, su movimiento depende fundamentalmente de tres componentes:

a) Los patrones de comportamiento de las especies en sus movimientos.
b) El tamaño y disposición espacial de las manchas en las que las especies desarrollan su ciclo vital.
c) Las características del espacio intersticial entre dichas manchas (matriz). (Taylor, P., Fahrig, L., & With, K, 2006).

Resulta también importante considerar las características específicas del medio a través del cual las especies realizan sus desplazamientos. Así, el término corredor se ha empleado para definir a un elemento del paisaje, en ocasiones diferenciable por su aspecto lineal, que por sus atributos espaciales y funciones ecológicas puede facilitar desde un punto estructural el movimiento de especies entre dos manchas (Forman, R.T.T., & Godron, M, 1986).

1.5.3.4.5.2.1 Selección de las especies focales

Para analizar los movimientos de la fauna dentro del área de influencia físico-biótica del área de desarrollo Bucare, se seleccionaron especies focales siguiendo los criterios establecidos en la presentación de Buenas Prácticas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Esta guía proporciona un diagrama que detalla los factores a considerar para la elección de las especies focales, ofreciendo una metodología parámetros que identifican aquellas especies clave que permiten evaluar la conectividad y los movimientos en el paisaje (**Figura 1-106**).



Figura 1-106 Criterios de selección para las especies a modelar
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025 tomado de: Presentación ANLA Buenas Prácticas EIA (ANLA, junio 2023). Garcia, Malagón & Neira, 2023.

Para abordar el análisis bajo los criterios de área y heterogeneidad, se seleccionaron especies con hábitats contrastantes, permitiendo evaluar el uso del hábitat en función de las distintas coberturas presentes en el área de influencia físico-biótica. Este enfoque incluyó tanto coberturas naturales dominantes, como los bosques y vegetaciones secundarias, como áreas específicas de menor extensión, pero alta importancia ecológica, tales como herbazales y zonas pantanosas. Este método permitió minimizar posibles sesgos en los modelamientos, asegurando una representación más equilibrada y precisa de las dinámicas del paisaje.

Además, la selección de las especies consideró variaciones en sus patrones de movimiento, rangos de hogar (home range) y distancias de dispersión. Estas diferencias fisiológicas y etológicas fueron fundamentales para evaluar la movilidad en toda el área de estudio, abarcando desde movimientos locales hasta desplazamientos de mayor escala. Este enfoque multifactorial ofreció una visión integral de las dinámicas de conectividad, permitiendo capturar la diversidad de respuestas de las especies frente a las características del paisaje y la fragmentación.

Por otro lado, el parámetro de la funcionalidad es fundamental para comprender las dinámicas ecosistémicas y la resiliencia del paisaje. Este enfoque considera cómo las especies contribuyen a procesos clave como la dispersión de semillas, el control de poblaciones y la regeneración de hábitats, lo que ayuda a entender la conectividad funcional (Tilman, 1997). Además, las especies que actúan como "ingenieros del ecosistema" generan modificaciones que benefician a otros organismos, promoviendo la estabilidad y diversidad en el ecosistema (Wright, 2006). Incluir

especies con roles diversos permite capturar una visión integral de las dinámicas ecológicas y reduce posibles sesgos en el análisis.

Es esencial considerar el grado de vulnerabilidad de las especies en un análisis de conectividad funcional, ya que estas suelen ser más propensas a sufrir los efectos adversos de la fragmentación del paisaje. Especies clasificadas como endémicas, amenazadas según la IUCN, incluidas en los apéndices de la CITES, o registradas en el Libro Rojo de Especies Amenazadas enfrentan mayores riesgos debido a la pérdida de hábitat y la reducción de corredores que faciliten su movilidad y conectividad.

La conectividad funcional analiza la capacidad de las especies para desplazarse entre parches de hábitat, un aspecto crítico para su supervivencia y para el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales, como la dispersión de semillas, el flujo genético y la búsqueda de recursos. En el caso de las especies vulnerables, la fragmentación del paisaje puede interrumpir severamente estas funciones, aumentando el riesgo de aislamiento, pérdida de diversidad genética e incluso extinción local. Incorporar estas especies en el análisis permite identificar áreas estratégicas donde la conectividad debe ser mantenida o restaurada, diseñando intervenciones que prioricen su conservación. Esto no solo contribuye a garantizar la supervivencia de las especies vulnerables, sino que también fortalece la dinámica ecológica y la resiliencia del ecosistema en su conjunto.

Finalmente, se consideraron aquellas especies que contaban con una base sólida de información bibliográfica, lo cual permitió acceder a datos clave sobre variables ecológicas esenciales para las modelaciones, como el rango de hogar (home range), los rangos de dispersión diarios y los hábitats que satisfacían sus requerimientos ecológicos. Esto fue fundamental para realizar un análisis holístico que reflejara de manera precisa los comportamientos observados en campo. Además, contar con información que pudiera contrastarse con otros estudios o investigaciones relacionados con estas especies facilitó la validación de los resultados y aportó mayor rigor científico al análisis.

Como resultado de los criterios previamente expuestos, se seleccionaron tres especies de mamíferos: *Plecturocebus ornatus, Leopardus pardalis y Myrmecophaga tridactyla*. Estas especies, además de contar con múltiples registros en campo obtenidos a través de diversas metodologías como observación directa, fototrampeo y rastreo de huellas, presentan una amplia variedad de características contrastantes. Entre ellas se destacan su rol ecológico, proporción del paisaje ocupado, requerimientos de área, ámbito hogareño, rango de dispersión, grado de amenaza, sensibilidad y capacidad de adaptación.

Estas particularidades las convierten en especies idóneas para el análisis, ya que permiten evaluar la conectividad funcional desde diversas perspectivas, enriqueciendo la robustez y la profundidad de los análisis realizados. Este enfoque integral proporciona una visión más completa de las dinámicas del paisaje y de los factores que influyen en la funcionalidad ecológica del área de influencia.

Por un lado, ***Plecturocebus ornatus*** “Zocay” es una especie de primate endémica de Colombia, con un rol ecológico relevante en la dispersión de semillas y en el mantenimiento de procesos de regeneración natural de los bosques. Su ámbito hogareño es más reducido en comparación con otras especies de primates, y sus movimientos suelen ser locales y restringidos al interior de fragmentos, lo que lo convierte en un indicador sensible de conectividad funcional en paisajes altamente fragmentados. Aunque presenta cierta capacidad de adaptación a hábitats secundarios, su marcada dependencia de la cobertura arbórea y de la conectividad entre parches de bosque refuerza su importancia en el análisis, pues permite identificar con claridad los efectos que puede tener la intervención sobre bosques continuos y vegetación secundaria alta. Además, su condición de especie endémica y amenazada incrementa su valor como bioindicador en la evaluación de corredores biológicos y áreas críticas de conectividad, particularmente en escenarios de pérdida o aislamiento de hábitat.

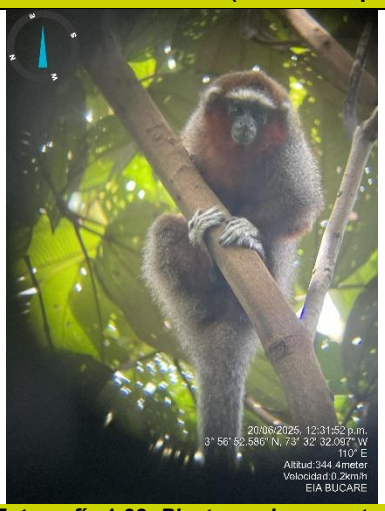
Leopardus pardalis "tigrillo" desempeña un rol crucial como depredador mesocarnívoro, regulando las poblaciones de pequeños vertebrados y manteniendo el equilibrio trófico en los ecosistemas (Moreno, Kays, & Aliaga-Rossel, 2012). Este felino requiere un ámbito hogareño medio y un rango de dispersión relativamente alto, lo que lo hace dependiente de corredores funcionales bien conectados para garantizar la viabilidad de sus poblaciones (Ramirez--Fernandez, Corrales-Gutierrez, Zúñiga-Sanchez, Villalobos-Chacon, & Arias-Alzate, 2024). Su condición de depredador, lo convierten en un buen indicador para evaluar los efectos que han venido ocurriendo en el área de influencia físico – biótica y los que se pueden generar con la implementación del proyecto, frente a la intervención de hábitats en buen estado de conservación y frente a la implementación de barreras en el paisaje, que pueden impedir la movilidad de la fauna (por ejemplo: obras puntuales u obras de tipo lineal). Su grado de amenaza, según la IUCN (LC), y su inclusión en el Libro Rojo de Especies Amenazadas (Casi amenazada NT) resaltan la importancia de conservar los paisajes que habita.

El ***Myrmecophaga tridactyla***, "oso hormiguero gigante", juega un papel fundamental en el control de poblaciones de hormigas y termitas, contribuyendo al equilibrio de las comunidades de invertebrados y a la mejora de la calidad del suelo (Pardo & Payán, 2015). Sus movimientos, caracterizados por ser más amplios en paisajes continuos, lo convierten en un indicador de la funcionalidad de los corredores biológicos, siendo además una especie de alta sensibilidad a eventos de atropellamiento, convirtiéndose en un excelente indicador sobre el potencial impacto que la adecuación y construcción de nuevas vías puede tener con la implementación del proyecto. Su ámbito hogareño moderado y dependencia de áreas específicas, como herbazales y zonas pantanosas, subrayan la necesidad de corredores que conecten estos parches. Al estar clasificado como una especie en peligro por la IUCN y CITES, su inclusión en el análisis no solo aborda su vulnerabilidad, sino también su papel en la dinámica ecosistémica.

En la **Tabla 1-113**, **Tabla 1-114 y**

Tabla 1-115 se describe a detalle la información ecológica de cada una de las especies seleccionadas y en la **Figura 1-107**, **Figura 1-108** y **Figura 1-109** se grafican los registros obtenidos durante la fase de campo, de acuerdo con lo registrado en el **capítulo 3.3.3 Fauna.**

Tabla 1-113 Características ecológicas de la especie *Plecturocebus ornatus* (Zocay)

Características	*Plecturocebus ornatus* (Titi del Caqueta)	
Registro fotográfico	 **Fotografía 1-38 *Plecturocebus ornatus*** **Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025**	
Categoría de amenaza	**IUCN-2024**	Vulnerable (VU)
	Resolución 0126/2024	Vulnerable (VU)
	Libro Rojo	Vulnerable (VU)
	CITES	Apéndice II
Rango de desplazamiento diario	615,5 m (Polanco O., 1992)	
Preferencias de hábitat	Esta especie prefiere la vegetación ribereña con bosques poco desarrollados, los bajos, las orillas de caños y ríos, y las tierras bajas pobremente drenadas. Cerca de la población de San Juan de Arama (Meta), se puede encontrar habitando en bosques de galería ubicados en las orillas de las quebradas locales, cuyo dosel alcanza entre 15 y 20 m de altura. Pueden ser encontrados también en parches aislados de bosque, incluso si estos han sido fuertemente intervenidos (Mason, 1968a, 1968b). Moynihan (1976) observó un individuo en el Caquetá habitando en un parche de vegetación densa y predominantemente arbustiva, la cual apenas alcanzaba 7 m de altura. Este mismo investigador creía que esta especie prefería sitios donde el bosque crece sobre suelos con alta saturación hídrica y por ello podía ser designado como un “mico de pantano”, aunque tal opinión parece un poco exagerada (Defler, 1994b). De igual manera, las otras especies del complejo Callicebus cupreus habitan también en áreas cubiertas con vegetación secundaria.	
Rango de hogar	Los estudios sobre el área de dominio vital de *P. ornatus* muestran gran variabilidad. Mason (1966) registró territorios muy pequeños (≈0,5 ha) en zonas con alta densidad poblacional y fuerte presión de deforestación. Investigaciones posteriores reportaron rangos más amplios: Robinson (1977) entre 3,29 y 4,8 ha; Polanco (1992) con 14,2 ha en bosques de dosel cerrado; y Porras (1997, 2000) con 14 ha en La Macarena, confirmando la tendencia hacia territorios mayores en hábitats mejor conservados.	
Amenazas	Las principales amenazas son: • Deforestación y pérdida de hábitat por ganadería extensiva, cultivos ilícitos y expansión agrícola. • Fragmentación del bosque, que aísla poblaciones y limita el flujo génico. • Cacería para comercio ilegal de mascotas. • Su endemismo restringido (solo en el Caquetá, Colombia) lo hace especialmente vulnerable a la reducción de su rango de distribución.	
Características ecológicas	*Plecturocebus ornatus* presenta una longitud corporal de 300–400 mm y una cola de 400–500 mm. Su peso oscila entre 1.000 y 1.100 g, siendo los machos ligeramente más pesados que las hembras. El pelaje es café-amarillento con vientre rojizo-amarillento; la corona va de pardo rojiza a negruzca. La cola muestra una gran porción blanquecina o plateada y contrasta con el resto del cuerpo. Un rasgo distintivo es la **banda blanca sobre los ojos**, además de manos y pies blanquecinos que contrastan con los antebrazos rojizos, lo que permite diferenciarlo de especies cercanas como *Callicebus discolor*.	

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

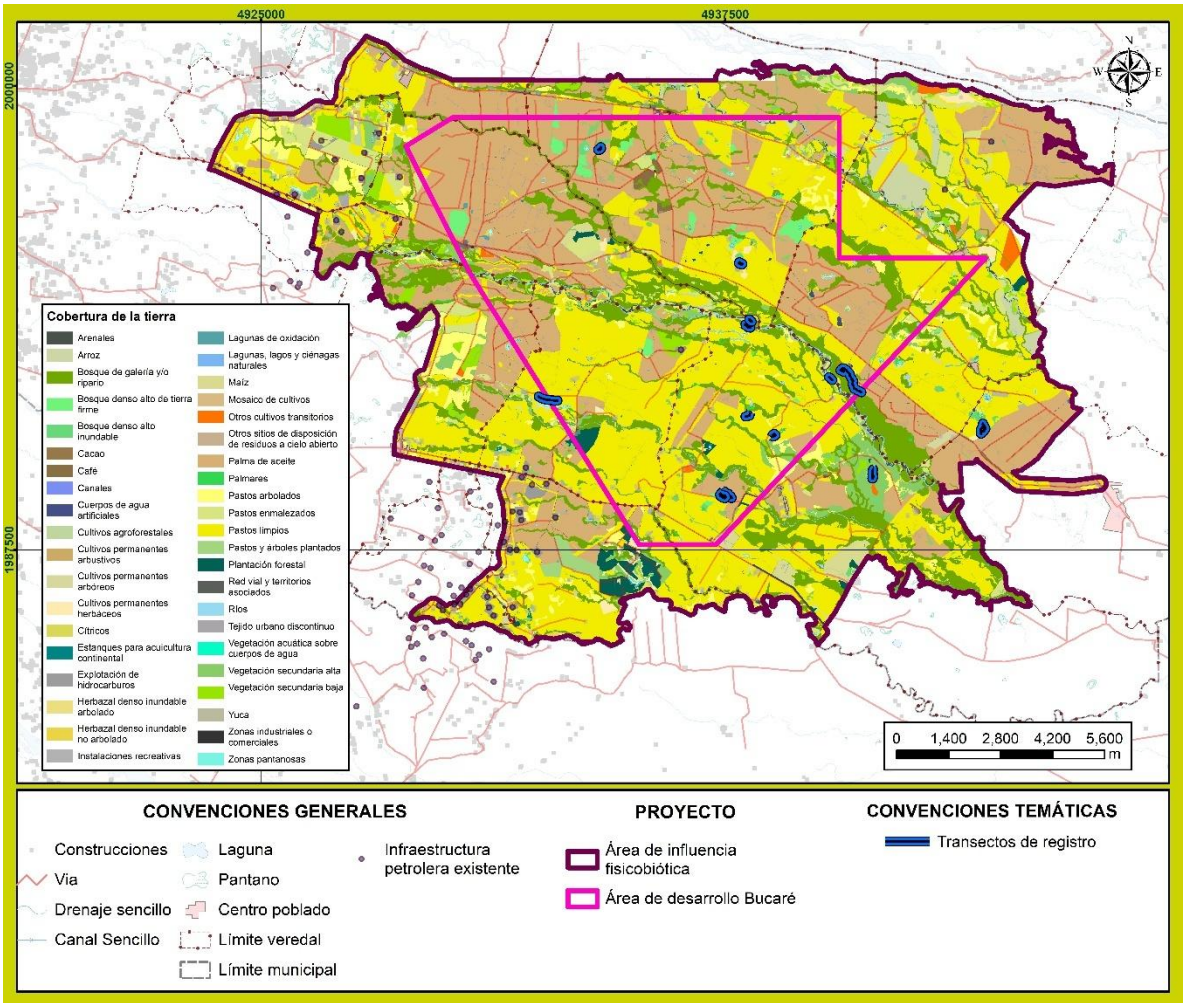


Figura 1-107 Puntos de registro para la especie *Plecturocebus ornatus* en el área de influencia físico-biótica del área de desarrollo BucareFuente: S.G.I. S.A.S., 2025

Tabla 1-114 Características ecológicas de la especie *Leopardus pardalis* (Tigrillo)

Características	*Leopardus pardalis* (Tigrillo)	
Registro fotográfico	 **Fotografía 1-39 Leopardus pardalis Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025**	
Categoría de amenaza	**IUCN-2024**	Preocupación menor (LC)

Características	*Leopardus pardalis* (Tigrillo)	
	Resolución 0126/2024	No incluido (NI)
	Libro Rojo	Casi Amenazada (NT).
	CITES	Apendice I
Rango de desplazamiento diario	1150 m para machos (Moreno & Giacalone, 2003)	
Preferencias de hábitat	El ocelote (*Leopardus pardalis*) utiliza una variedad de hábitats a lo largo de su distribución geográfica, incluyendo bosques tropicales húmedos, bosques secos, sabanas y manglares. Prefiere áreas con cobertura vegetal densa que le ofrecen refugio y oportunidades para cazar, aunque también puede adaptarse a hábitats fragmentados y áreas antropogénicas como plantaciones de café y cacao, siempre que exista conectividad forestal y recursos adecuados. Generalmente se encuentra a altitudes menores a los 1,200 m.s.n.m., aunque se han registrado poblaciones hasta los 2,000 m.s.n.m., particularmente en los Andes y zonas montañosas de Centro y Sudamérica (Di Bitetti, Paviolo, & De Angelo, 2006). El ocelote es una especie solitaria, con territorios que pueden variar de 2 a 31 km² dependiendo del sexo, la densidad poblacional y la calidad del hábitat. Su dieta es altamente oportunista e incluye mamíferos pequeños como roedores y zarigüeyas, aves, reptiles, anfibios e incluso invertebrados. Estudios basados en análisis de excretas han demostrado que los mamíferos conforman el mayor porcentaje de su dieta, seguidos por reptiles y aves, lo que indica su capacidad de adaptarse a la disponibilidad local de presas. Aunque es predominantemente nocturno, en áreas con baja presión humana puede presentar actividad diurna. La pérdida y fragmentación del hábitat son amenazas importantes para la especie, ya que reducen los recursos disponibles y aumentan el riesgo de conflictos con humanos.	
Rango de hogar	El rango de hogar del ocelote (*Leopardus pardalis*) varía considerablemente dependiendo de la región, el sexo del individuo y las condiciones del hábitat. En áreas protegidas como la Reserva del Jaguar del Norte, en México, se ha registrado un promedio de 14.1 km² utilizando el método de polígono convexo mínimo. Este rango está influenciado por la disponibilidad de recursos, la densidad de población y la estructura del hábitat. En estudios realizados en el sur de Quintana Roo, México, se encontró que el rango de hogar puede alcanzar hasta 31 km² en hábitats fragmentados, reflejando su capacidad de adaptación a paisajes antropogénicos siempre que existan corredores biológicos adecuados. Los machos tienden a tener rangos más grandes y solapados con los de varias hembras, mientras que estas últimas presentan territorios más pequeños y definidos, optimizando la disponibilidad de alimento y refugio para la cría de sus cachorros (Falconi, Carreón-Arroyo, Valdez Coronel, & Monroy-Vilchis, 2022). La presión antrópica, como la deforestación y la fragmentación de los bosques, impacta significativamente en la dinámica de sus territorios. A pesar de esto, los ocelotes han demostrado una notable plasticidad ecológica, utilizando hábitats secundarios y áreas modificadas, aunque con mayores riesgos asociados, como conflictos con humanos y disminución de presas (Dillon & Kelly, 2007). Para el desarrollo del presente análisis se tomó como referencia el valor de 348 ha descrito en el artículo de Moreno y colaboradores (2012) (Moreno & Giacalone, 2003).	
Amenazas	En Colombia, el ocelote enfrenta múltiples amenazas que ponen en peligro su supervivencia. La deforestación causada por la expansión de la agricultura, la ganadería y la minería, así como la construcción de infraestructura vial, ha reducido y fragmentado significativamente su hábitat. Estos cambios no solo limitan el acceso del ocelote a recursos esenciales, como presas y refugio, sino que también provocan el aislamiento de las poblaciones, incrementando la endogamia y reduciendo su diversidad genética. Además, la caza furtiva sigue siendo un problema en algunas regiones, tanto por conflictos con actividades humanas (como ataques a aves de corral) como por la captura ilegal de individuos para comercio de mascotas exóticas. En áreas altamente intervenidas, como los Llanos y partes de la Amazonía, las colisiones con vehículos son una causa notable de mortalidad. Sin embargo, esfuerzos de conservación en Colombia, como el establecimiento de áreas protegidas y corredores biológicos, buscan mitigar estas amenazas y garantizar la conectividad del paisaje para este felino (De La Torre, Rivero, & Díaz-Pulido, 2019).	
Características ecológicas	Es un felino que habita diversas regiones de América Central y del Sur, con una amplia variedad de hábitats, incluyendo bosques tropicales, sabanas y zonas áridas. Aunque es principalmente nocturno, también presenta actividad diurna dependiendo de las condiciones del entorno (Emmons, 1988). Su dieta es variada e incluye roedores, aves, lagartijas y pequeños mamíferos, lo que lo convierte en un depredador clave en su ecosistema. Este felino tiene un rol importante en la regulación de las poblaciones de sus	

Características	*Leopardus pardalis* (Tigrillo)
	presas, lo que contribuye a la estabilidad ecológica del entorno donde habita. Sin embargo, a pesar de su amplia distribución, enfrenta amenazas significativas debido a la destrucción de su hábitat natural, lo que puede impactar negativamente en su población. Además, su comportamiento territorial y solitario hace que cada individuo necesite grandes extensiones de territorio para sobrevivir, lo que lo hace vulnerable a la fragmentación del hábitat debido a la expansión humana y la agricultura.

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

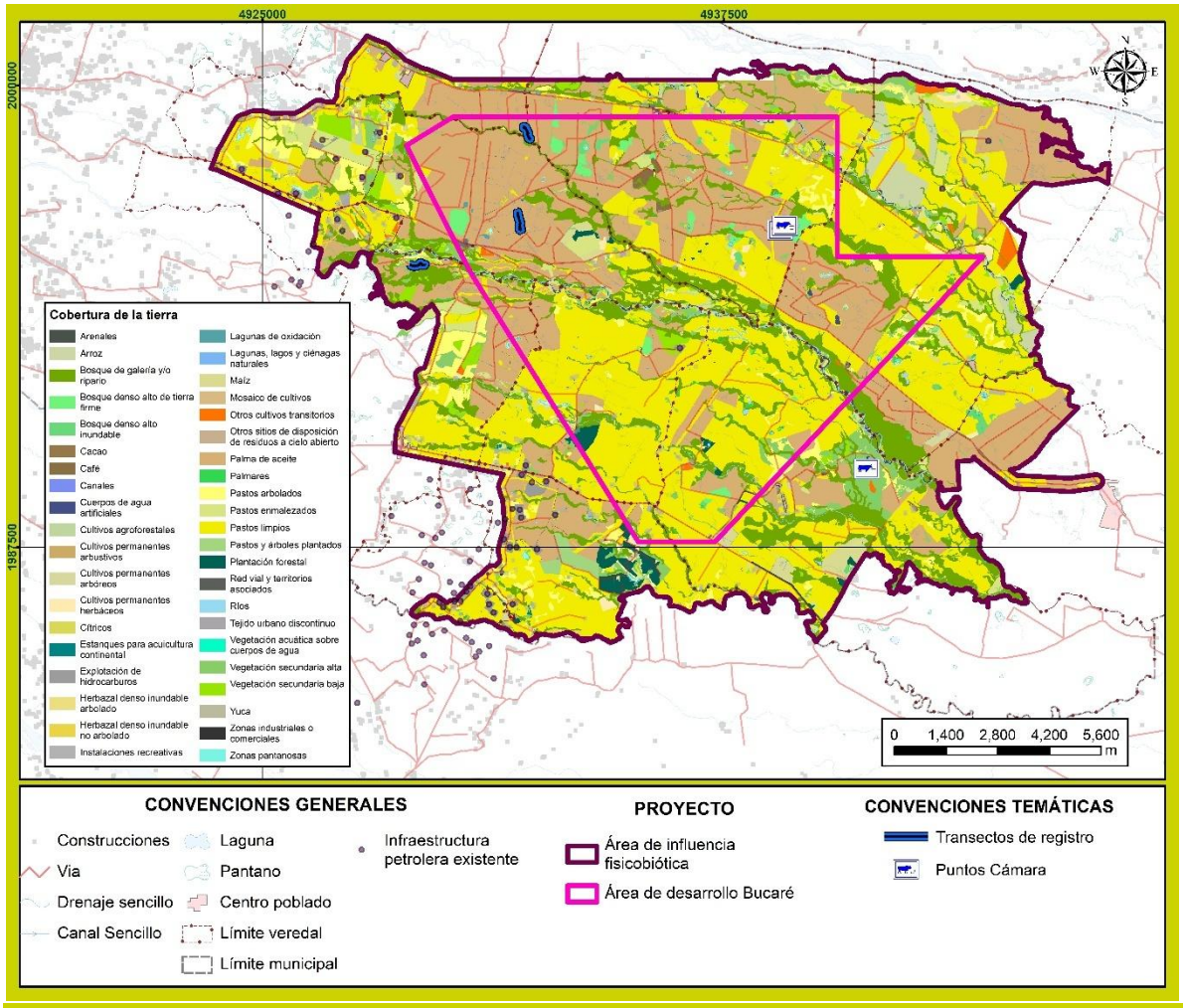


Figura 1-108 Puntos de registro para la especie *Leopardus pardalis* en el área de influencia físico-biótica del área de desarrollo Bucare
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025

Tabla 1-115 Características ecológicas de la especie *Myrmecophaga tridactyla* (Oso Palmero gigante)

Características	*Myrmecophaga tridactyla* (Oso Palmero)	
Registro fotográfico	 **Fotografía 1-40 *Myrmecophaga tridactyla* (Oso Palmero)** **Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025**	
Categoría de amenaza	**IUCN**	Vulnerable (VU)
	Resolución 0126/2024	Vulnerable (VU)
	Libro Rojo	Vulnerable (VU)
	CITES	Apéndice II
Rango de desplazamiento diario	2.850 m (Rojano Bolaño, López Giraldo, & Ávila Avilán, 2014)	
Preferencias de hábitat	Es una especie altamente adaptable que ocupa una amplia variedad de hábitats en América Central y América del Sur, principalmente en áreas de sabanas abiertas y bosques secos. Esta especie prefiere ambientes con vegetación dispersa, como los bosques caducifolios, semi-permanentes y las zonas de sabana, donde puede acceder fácilmente a su principal fuente de alimento: las hormigas y las termitas. Aunque se encuentra generalmente a menos de 2,000 m.s.n.m., ha sido registrado en algunas zonas de mayor altitud, adaptándose a condiciones tanto secas como húmedas, según el entorno de su región geográfica (Redford & Eisenberg, 1992). Su capacidad de adaptación a diferentes tipos de hábitats se extiende desde los bosques secos de las llanuras hasta las regiones más húmedas de tierras altas, lo que le permite ocupar un rango ecológico considerable. Sin embargo, el oso palmero es menos frecuente en áreas de vegetación más densa o en bosques secundarios intervenidos. Los estudios han demostrado que su hábitat ideal se encuentra en áreas con suelo firme y vegetación dispersa, que facilitan la búsqueda de su alimento principal (González-Maya & al., 2015). Además, este mamífero está siendo afectado por la pérdida de hábitat debido a la expansión de la agricultura, lo que plantea un desafío para su conservación en algunas regiones.	
Rango de hogar	Según lo establecido en el estudio realizado por Rojano-bolaño y colaboradores, se estableció que para dos individuos estudiados en Pore, departamento del Casanare su área de acción fue de 207 ha (Rojano Bolaño, López Giraldo, & Ávila Avilán, 2014)	
Amenazas	En Colombia, el oso palmero enfrenta diversas amenazas que ponen en peligro su supervivencia. Una de las principales amenazas es la cacería, tanto por subsistencia como por creencias culturales que lo asocian con la agresividad hacia perros e incluso humanos. Estas prácticas de caza se realizan principalmente en comunidades rurales e indígenas, donde el animal es capturado para consumo o para control de población. Además, la modificación de su hábitat, en especial la conversión de sabanas en áreas agrícolas y ganaderas contribuye a la fragmentación de su territorio y reduce la disponibilidad de recursos alimenticios. Las quemas y la expansión de actividades humanas como la ganadería intensiva también aumentan la vulnerabilidad de la especie, exponiéndola a interacciones con perros domésticos, además de reducir las áreas de hábitat aptas para la alimentación (Rojano Bolaño, López Giraldo, & Ávila Avilán, 2014).El comercio ilegal de su piel es otra amenaza significativa, con mercados locales, nacionales e internacionales que explotan su pelaje, especialmente debido a su llamativa cola, considerada un trofeo de caza (Gómez & Rojas, 2021). La cercanía a áreas urbanas y suburbanas también facilita estos conflictos, ya que los osos palmeros se acercan a zonas de cultivo y ganadería, lo que aumenta el riesgo de captura y persecución (Gómez & Rojas, 2021).	
Características ecológicas	El oso palmero es uno de los mamíferos más distintivos de Sudamérica, especialmente conocido por su gran tamaño y su característica cola larga y tupida, que le da su nombre común de "palmero".	

Características	*Myrmecophaga tridactyla* (Oso Palmero)
	Su longitud corporal, desde la cabeza hasta el cuerpo, oscila entre 1 a 1.9 metros, y su cola, aunque no prensil, puede medir entre 60 y 90 cm. Su peso varía entre 22 y 39 kg, lo que lo convierte en uno de los mamíferos más grandes de su grupo. El pelaje del oso palmero es grueso y áspero, volviéndose más largo en el lomo y la cola. El color de su pelaje varía desde tonos grises hasta marrones oscuros y negros, con algunas tonalidades blancas. Sus patas delanteras son notablemente fuertes, con tres garras grandes adaptadas para excavar, mientras que las patas traseras tienen cinco garras cortas, características que le ayudan en su principal actividad: la búsqueda de hormigas y termitas, su fuente primaria de alimento.

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

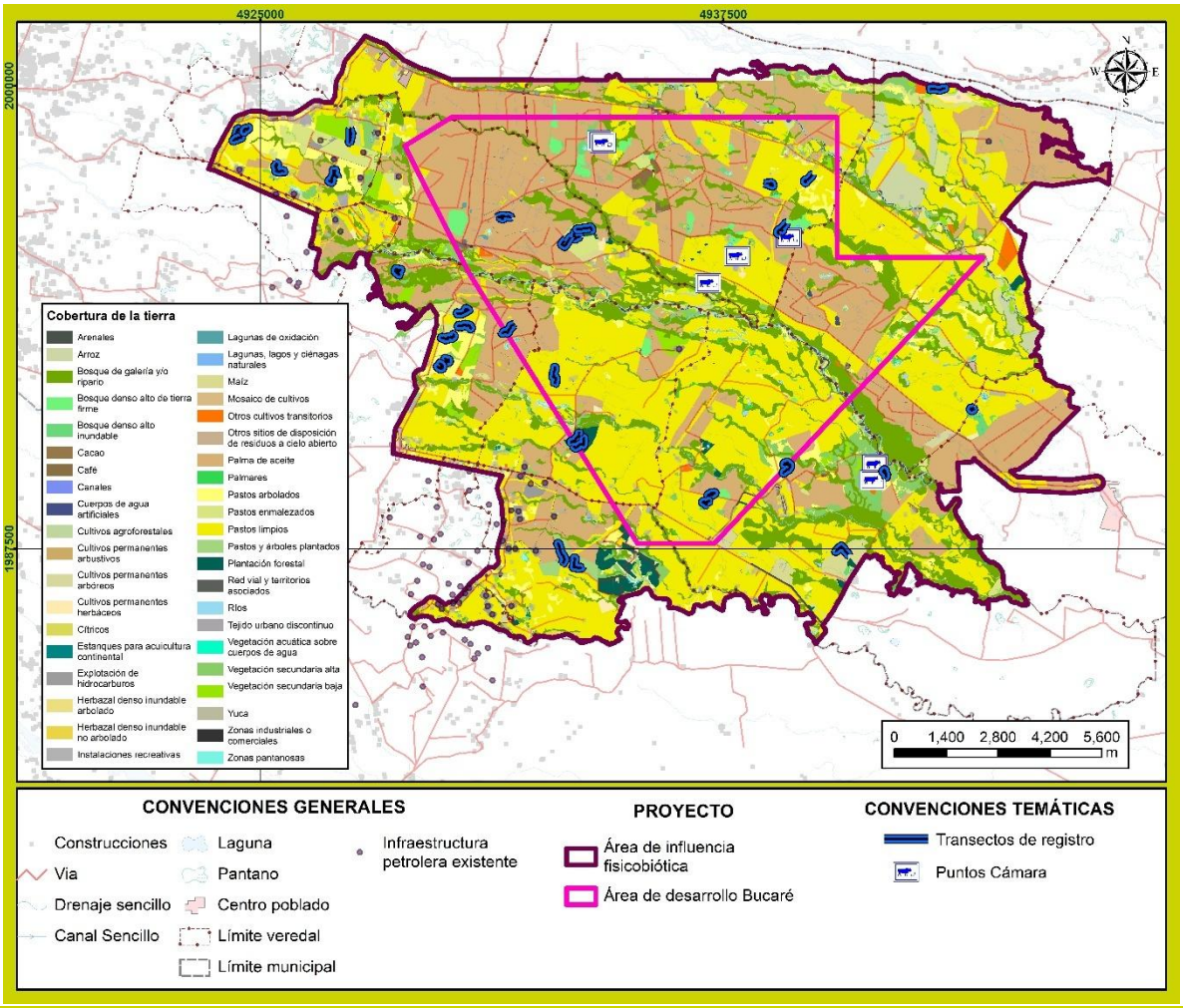


Figura 1-109 Puntos de registro para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el área de influencia físico-biótica del área de desarrollo Bucare
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025

A continuación, se identifican los parches de hábitat asociados a cada una de las especies, basados en la información secundaria recopilada. Estos parches representan áreas de cobertura que deben cumplir con criterios óptimos para garantizar la funcionalidad ecológica. Específicamente, deben ofrecer condiciones adecuadas para el refugio, la reproducción, la alimentación y el desarrollo de procesos fisiológicos esenciales, asegurando la viabilidad de las especies en su entorno y promoviendo la conectividad ecológica entre fragmentos de hábitat.

Tabla 1-116 Coberturas identificadas como parche de hábitat para las tres especies seleccionada para el área de influencia definitiva para el componente de fragmentación y conectividad ecológica

Cobertura	*Plecturocebus ornatus*	*Leopardus pardalis*	*Myrmecophaga tridactyla*
Arenales			
Arroz			
Bosque de galería y/o ripario	X	X	X
Bosque denso alto de tierra firme	X	X	X
Bosque denso alto inundable	X	X	X
Cacao			
Café			
Canales			
Cítricos			
Cuerpos de agua artificiales			
Cultivos agroforestales			
Cultivos permanentes arbóreos			
Cultivos permanentes arbustivos			
Cultivos permanentes herbáceos			
Estanques para acuicultura continental			
Explotación de hidrocarburos			
Herbazal denso inundable arbolado			X
Herbazal denso inundable no arbolado			X
Instalaciones recreativas			
Lagunas, lagos y ciénagas naturales			
Maíz			
Mosaico de cultivos			
Lagunas de oxidación			
Otros cultivos transitorios			
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto			
Palma de aceite			
Palmares	X	X	X
Pastos arbolados			
Pastos enmalezados			
Pastos limpios			
Pastos y árboles plantados			
Plantación forestal			
Red vial y territorios asociados			
Ríos			
Tejido urbano discontinuo			
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua			
Vegetación secundaria alta	X	X	X
Vegetación secundaria baja		X	X
Yuca			
Zonas industriales o comerciales			
Zonas pantanosas			X

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

- **Análisis dPC**

Para el presente análisis se empleó el software Conefor actualmente disponible en su versión 2.6 (http://www.conefor.org), este es un programa informático de uso sencillo que permite cuantificar la contribución de cada tesela de hábitat (parche de hábitat) (polígonos vectoriales conocidos como

parche de hábitat) al mantenimiento o posible mejora de la conectividad ecológica (Saura & Torné, 2009).

Conefor analiza la conectividad del paisaje desde una perspectiva funcional, es decir, requiere datos acerca tanto de la distribución del hábitat en el paisaje (aspecto estructural de la conectividad) como de las capacidades de dispersión o movimiento de las especies consideradas, habitualmente estimadas a través de la distancia media, mediana o máxima de dispersión (aspecto funcional de la conectividad). Se utilizó el índice probabilístico Probabilidad de Conectividad - PC propuestos por (Pascual-Hortal, 2006):

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_i \cdot a_j \cdot p_{ij}^{*}}{A_L^{\,2}}$$

A nivel de conectividad se calculó el delta de probabilidad de conectividad (dPC) automatizado en Conefor Sensinoide 2.6, donde Saura y Rubio (2010) lo definen con un valor que puede ser dividido en tres fracciones considerando las diferentes formas en que una determinada cobertura puede contribuir a la conectividad del hábitat y la disponibilidad en el paisaje:

- dPC intra es la contribución de un parche en términos de conectividad intra parche o área de hábitat disponible.
- dPCflux corresponde a la zona de flujo de dispersión ponderada a través de las conexiones de parche hacia o desde todos los parches en el paisaje.
- dPC connector es la contribución del parche o enlace para la conectividad entre otros parches de hábitat, como un elemento de conexión o un paso previo entre ellos.

Una vez calculada la probabilidad de conectividad representada por el dPC, este definirá la criticidad de paso en la estructura y distribución de los parches en el paisaje. Este análisis se realizó considerando dos escenarios. En el primero, se examinó el área de influencia físico-biótica en ambas temporalidades para determinar la importancia de cada uno de los parches de hábitat de las especies modeladas, con el fin de identificar las teselas más relevantes que contribuyen significativamente a la conectividad del área. En el segundo escenario, se analizó el contexto regional con el objetivo de evaluar la importancia de los parches de hábitat presentes en el área de influencia físico – biótica del proyecto desde una perspectiva más global, ya que un análisis a menor escala podría generar sesgos en la verdadera relevancia en un contexto macro. En este sentido, se tuvieron en cuenta las subzonas hidrográficas que se superponen con el proyecto.

1.5.3.4.5.3 Rutas de menor costo

La conectividad ecológica está intrínsecamente relacionada con el acceso de las especies a sus hábitats y recursos esenciales para completar sus ciclos de vida, así como con su capacidad de desplazamiento frente a cambios abruptos en factores ecológicos (Primack, 1998).Este movimiento puede darse por razones diversas, como actividades locales diarias, procesos de dispersión asociados a la reproducción o migraciones más amplias (Forman, R, 1995).

El costo de viaje hace referencia a las limitaciones que impone la matriz del paisaje al movimiento de los organismos (Zuluaga & Mazo, 2017). Para identificar rutas de menor costo, se realizó una revisión de las especies registradas durante la fase de campo, seleccionando aquellas que cuentan con información suficiente sobre movilidad, hábitat y rangos de distribución, además de presentar algún grado de amenaza o vulnerabilidad.

El análisis de rutas de menor costo fue llevado a cabo de manera multitemporal, comparando un escenario sin proyecto con un escenario con proyecto, con el objetivo de evaluar los cambios en la movilidad de las especies focales, previamente definidas bajo el enfoque de conectancia propuesto por Saura.

- **Resistencia**

Para generar los mapas de resistencia, se utilizó **Gnarly Landscape Utilities** (The Nature Conservancy, Fort Collins, CO, USA) junto con la metodología desarrollada por (McRae B. H., 2013). Esta herramienta permite crear mapas ráster que representan tanto la resistencia como la calidad del hábitat, combinando datos base de SIG. Los valores de calidad y resistencia fueron definidos en una hoja de cálculo de Excel para cada clase en las capas base, y las capas se combinan según criterios específicos, que para este caso fue **el máximo entre los rásteres**. Este enfoque está fundamentado en scripts diseñados para el cálculo de hábitat, resistencia e integridad del paisaje, utilizados por el Grupo de Trabajo de Conectividad del Hábitat de Vida Silvestre de Washington.

Se utilizó un modelo con valores predeterminados, ajustando el cálculo de resistencia mediante la escogencia de los máximos de resistencias en una celda de pixel analizadas, una medida más adecuada para evaluar conectividad, ya que considera tanto la distancia recorrida como el costo asociado (Etherington, 2013).

✓ Coberturas de la tierra

La variable de coberturas de la tierra desempeña un papel crucial en la conectividad ecológica y en el movimiento de la fauna dentro del área de estudio. Las áreas boscosas emergen como las coberturas más favorables para la conservación, ya que proporcionan hábitats adecuados para diversas especies, especialmente al grupo de mamíferos. Su estructura y composición vegetal permiten no solo refugio, sino también la continuidad funcional de los corredores biológicos, permitiendo la movilidad de las especies a distintas áreas.

En menor medida, las vegetaciones secundarias también contribuyen a la conectividad, aunque su importancia es relativa debido a sus características estructurales más limitadas (parches remanentes). Estas coberturas pueden ser consideradas como elementos complementarios en el paisaje, favoreciendo en menor grado el desplazamiento de las especies focales.

Por otro lado, las coberturas consideradas de alta resistencia incluyen construcciones, vías y zonas agrícolas, que representan barreras significativas para el movimiento de la fauna. Estas barreras no solo fragmentan el paisaje, sino que también limitan el acceso de las especies a recursos clave.

En las **Tabla 1-117**, **Tabla 1-118** y **Tabla 1-119**, se presentan las calificaciones asignadas a cada una de las coberturas identificadas dentro del área de influencia físico-biótica del Área de Desarrollo Bucare para las especies focales evaluadas. Estas calificaciones se determinaron con base en un criterio propio, fundamentado en la ecología de cada especie. Las coberturas consideradas como hábitats ofrecen menor resistencia, ya que cuentan con los recursos y la estructura necesaria para sostener a las especies, favoreciendo su presencia y movilidad en el paisaje. Esta variable fue evaluada para todas las especies.

Tabla 1-117 Resistencia otorgada a cada una de las coberturas identificadas en el área de influencia físico-biótica del área de desarrollo Bucare para la especie *Plecturocebus ornatus*

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
Arenales	100	La especie *Plecturocebus ornatus* es afín a los ecosistemas boscosos y forestales debido a que depende de la continuidad del dosel para llevar a cabo sus actividades: desplazarse, alimentarse y dormir. Es por esta razón por la que coberturas abiertas tales como los arenales, que carecen de esta estructura arbórea, además de recursos tróficos y refugio, son inadecuadas como hábitat. Esto se demuestra en el valor de resistencia de 100, indicando que esta cobertura ofrece barreras fuertes al movimiento de la especie (Carrillo-Bilbao, Martin-Solano, García-Romero, de la Torre, & Tirira, 2021).
Arroz	100	*P. ornatus* está altamente especializada en bosques tropicales densos y con cobertura continua, dependiendo casi exclusivamente de la estructura forestal arbórea para su movimiento, refugio y alimentación, y no utiliza zonas agrícolas inundadas y abiertas como los arrozales, donde no existe vegetación arbórea natural ni recursos alimenticios adecuados. Esta especie es vulnerable a la pérdida de bosque y su presencia se asocia únicamente con hábitat forestal continuo o fragmentos boscosos, por lo que ambientes como los arrozales se consideran regiones de muy baja afinidad ecológica y por lo tanto se les asigna resistencia máxima de 100 (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Bosque de galería y/o ripario	1	El bosque de galería (o ripario) ofrece una estructura arbórea continua, aun si el paisaje circundante es abierto o fragmentado, lo que permite desplazamientos arbóreos, refugio, y recursos tróficos, esenciales para la vida de estos primates. Esta cobertura es ampliamente usada aún más cuando otras formas de bosque están degradadas. Igualmente puede conformar parte de su hábitat natural. El bosque de galería/ripario ofrece las condiciones mínimas para alimentación, refugio y desplazamiento de *P. ornatus,* por lo que asignar resistencia = 1 es razonable si se asume que estas franjas conservan estructura arbórea suficiente (Barnett, Boyle, & Souza-Alves, 2024).
Bosque denso alto de tierra firme	1	Los bosques densos altos tal como el Bosque denso alto de tierra firme ofrecen gran diversidad de recursos alimenticios tales como frutos, hojas y flores, compatible con la diera folívoro-frugívora del primate *P. ornatus*. Con esta estructura vegetal se facilita el forrajeo y la variedad de nichos, a partir de las condiciones lluviosas, la presencia de bosques densos, con sotobosque y dosel continuo como hábitat preferido. A su vez, esta cobertura continua facilita territorialidad, crianza, refugio y desplazamientos seguros, elementos clave para la persistencia de grupos familiares. Este tipo de hábitat representa uno de los mejores escenarios ecológicos para una especie arbórea estricta, por ello cuenta con una resistencia de 1, indicando la máxima afinidad (Byrne, y otros, 2016)
Bosque denso alto inundable	1	Una resistencia de 1 para el bosque denso alto inundable se debe a que este tipo de cobertura

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		representa uno de los hábitats naturales óptimos para *P. ornatus*, una especie estrictamente arbórea, dependiente de la continuidad del dosel y de una alta complejidad estructural del bosque. Estos bosques ofrecen conectividad arbórea permanente, múltiples estratos de vegetación y abundancia de recursos alimenticios (frutos, hojas jóvenes y exudados), además de refugio frente a depredadores. En los Llanos Orientales y zonas amazónicas de Colombia, los bosques inundables y de galería son reconocidos como hábitats clave para los titíes, funcionando tanto como áreas de residencia como corredores naturales de desplazamiento (Bicca-Marques, 2017).
Cacao	65	Una resistencia de 65 para los cacaotales se justifica porque, aunque estos sistemas pueden mantener cierta cobertura arbórea, no reproducen la estructura vertical compleja, la continuidad del dosel ni la diversidad florística propias de los bosques naturales requeridos por *P. ornatus*. Esta especie es estrictamente arbórea, dependiente del dosel continuo para desplazarse, alimentarse y evitar depredadores; en los cacaotales, la fragmentación del dosel y el manejo agrícola limitan la conectividad arbórea y aumentan la exposición al riesgo (Defler, 2010).
Café	100	La cobertura de café, aunque presenta árboles, no representan bosque natural continuo ni la compleja estratificación de vegetación que el tití requiere; *P. ornatus* depende del dosel y sotobosque de bosques tropicales para moverse, alimentarse de frutos y refugiarse, y los cafetales intensivos o moderados no ofrecen los recursos tróficos ni la densidad de cobertura necesarios, por lo que estas coberturas agrícolas son funcionalmente hostiles para esta especie forestal y reciben resistencia máxima para indicar su baja aptitud como hábitat viable (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Canales	100	Los canales de agua son estructuras lineales con vegetación muy limitada y abiertas, lo que no ofrece continuidad arbórea ni refugio adecuado para un primate estrictamente arbóreo como *P. ornatus*, que raramente desciende al suelo y busca hábitat con cobertura forestal; además, los canales están frecuentemente asociados a paisajes antropizados y disturbio humano, aumentando su inapropiación como hábitat y justificando resistencia máxima en modelos de conectividad para reflejar su evitación por parte de la especie (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Cítricos	65	Los cultivos de cítricos presentan una resistencia de 65 debido a que son monocultivos arbóreos altamente simplificados, con escasa estratificación vertical y amplios espacios entre individuos, lo que interrumpe el desplazamiento arbóreo continuo de *Plecturocebus ornatus*. Además, el manejo intensivo, la poda frecuente y el uso de agroquímicos reducen la disponibilidad de frutos silvestres y refugio, elementos esenciales para una especie frugívora–folívora y altamente dependiente del bosque (Estrada, Raboy, & Oliveira, 2012).
Cuerpos de agua artificiales	100	La cobertura de Cuerpos de agua artificiales representa una barrera muy adversa para *P.*

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		ornatus, porque eliminan la conectividad arbórea necesaria para su locomoción, forrajeo y defensa de territorio. Al inundar áreas, se pierden árboles, lianas y sotobosques, destruyendo el dosel continuo, refugios y fuentes alimenticias (frutos, hojas) que los monos titíes requieren. Asimismo los primates del género Plecturocebus son estrictamente arbóreos y no toleran períodos prolongados sin cobertura vegetal, su supervivencia depende de la estructura vertical del bosque. La pérdida de bosque e inundaciones o cambios en la cobertura vegetal aumentan fuertemente su vulnerabilidad. Por lo tanto se asigna una calificación de resistencia de 100 (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Cultivos agroforestales	65	Aunque los cultivos agroforestales conservan árboles, *Plecturocebus ornatus* presenta una resistencia de 65 porque estos sistemas no garantizan continuidad del dosel ni estabilidad estructural a largo plazo, factores críticos para una especie con locomoción exclusivamente arbórea y territorios pequeños. La heterogeneidad espacial, la apertura del sotobosque y la intervención humana frecuente generan condiciones subóptimas para el desplazamiento, la reproducción y la defensa territorial (Estrada, Raboy, & Oliveira, 2012).
Cultivos permanentes arbóreos	65	La cobertura de cultivos permanentes arbóreos ofrece cierta estructura vertical y boscosa, lo cual permite la movilidad, aunque limitada de *Plecturocebus ornatus.* Asimismo se agrega que, al tratarse de vegetación manejada y simplificada, lo cual reduce la disponibilidad de frutos silvestres, hojas tiernas y lianas que forman parte de su dieta y estrategias de desplazamiento. Al carecer de un denso arbóreo abundante se incrementa la exposición a depredadores y al disturbio humano. Por lo tanto aunque algunos cultivos arbóreos pueden permitir presencia ocasional, éstos no sostienen poblaciones saludables ni reemplazan la funcionalidad del bosque natural (Estrada, Raboy, & Oliveira, 2012). Por ello, se les asigna resistencia alta pero no máxima de 65, ya que funcionan como una matriz parcialmente permeable pero no adecuada para residencia, reproducción o dispersión efectiva.
Cultivos permanentes arbustivos	75	Los cultivos arbustivos permanentes representan un entorno aún menos favorable para *P. ornatus* porque carecen casi por completo de un dosel continuo, tienen altura insuficiente para movimientos arbóreos y no proveen en gran medida recursos silvestres, refugios ni la estructura compleja necesaria para un primate estrictamente arborícola. Estas matrices suelen estar sometidas a manejo intensivo lo que incrementa la vulnerabilidad a depredación y reduce la posibilidad de que los individuos crucen o utilicen estos espacios. Por lo tanto los cultivos arbustivos permanentes suponen una barrera, fragmentando la conectividad ecológica que limita el flujo génico y el movimiento entre parches. Por lo tanto en este caso se califica la cobertura con una resistencia alta de 75 (Estrada, Raboy, & Oliveira, 2012).

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
Cultivos permanentes herbáceos	80	Una resistencia de 80 para los cultivos permanentes arbóreos se justifica porque, aunque presentan árboles, estos sistemas no reproducen la complejidad estructural, diversidad florística ni continuidad funcional del dosel requeridas por *P. ornatus*. Los árboles suelen estar dispuestos de forma homogénea, con amplios espacios entre copas, lo que interrumpe el desplazamiento arbóreo continuo y obliga a descensos al suelo, comportamiento que la especie evita casi por completo. Además, el manejo agrícola, la poda y la baja oferta de frutos silvestres reducen su valor como hábitat y aumentan la exposición a depredadores y disturbio humano (Defler, 2010; Bicca-Marques, 2017).
Estanques para acuicultura continental	100	Los estanques de acuicultura continental son cuerpos de agua artificiales rodeados típicamente de tierras abiertas o con vegetación escasa, sin la estructura forestal arbórea que *P. ornatus* necesita para sus actividades vitales; esta especie no se alimenta ni se refugia en ambientes acuáticos abiertos, y la falta de dosel continuo hace que estas coberturas sean altamente inadecuadas, por lo que se les asigna resistencia máxima de 100 para indicar su casi nulo uso potencial por parte del tití ornamentado (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Explotación de hidrocarburos	100	La explotación de hidrocarburos conlleva deforestación, fragmentación del bosque, ruido, tránsito humano frecuente y disturbios constantes. Para primates muy dependientes del bosque, estas perturbaciones pueden tener efectos múltiples: pérdida de hábitat, reducción de recursos alimenticios y de refugio, y alteración de su comportamiento social y de comunicación. Debido a estas actividades se genera ruido afectando la eficacia de la comunicación acústica en poblaciones que estén constituidas cerca de donde se llevan a cabo actividades sobre esta cobertura. A esto se añade principalmente la perturbación del hábitat que lleva a la transformación del paisaje y la reducción del dosel del bosque. En conjunto esto reduce fuertemente la idoneidad del hábitat. Por lo tanto, asignar resistencia = 100 a zonas de explotación de hidrocarburos es justificable, puesto que representan un entorno hostil y funcionalmente difícil de atravesar o habitar para *P. ornatus* (Duarte, Kaizer, Young, Rodrigues, & Sousa-Lima; Henao-Díaz, y otros, 2020)
Herbazal denso inundable arbolado	80	El herbazal denso inundable arbolado presenta una resistencia de 80 debido a que, aunque incluye árboles dispersos, la dominancia de vegetación herbácea, la inundación periódica y la discontinuidad del dosel lo convierten en un ambiente funcionalmente inadecuado para *Plecturocebus ornatus*. Esta especie depende estrictamente de dosel continuo para su locomoción, alimentación y defensa territorial, y evita áreas donde la estructura arbórea es fragmentaria o inestable. La inundación recurrente limita además la permanencia de árboles grandes y reduce la disponibilidad de

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		recursos alimenticios típicos del bosque maduro (Defler, 2010).
Herbazal denso inundable no arbolado	100	Los herbazales densos inundables no arbolados carecen de árboles y del estrato forestal que el tití ornamentado utiliza para moverse, descansar y alimentarse; aunque puedan presentar vegetación herbácea alta, no proveen el dosel ni la complejidad estructural que exige esta especie estrictamente arbórea, por lo que estos ambientes son considerados inapropiados y reciben resistencia máxima (100) para reflejar su baja afinidad ecológica y uso mínimo o nulo (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Instalaciones recreativas	100	Las instalaciones recreativas implican conversión del bosque, eliminación de la vegetación, alteración del entorno vegetal e incluso fragmentación. Para primates como Plecturocebus que requieren bosque continuo, estas áreas son inhóspitas. La combinación de perturbación, ruido, posible caza o persecución, pérdida de recursos alimenticios y refugios, y la disrupción de sus territorios hace improbable que puedan usar estas zonas para movimiento, forrajeo, anidación o dispersión. Además, la conversión a uso recreativo muchas veces implica la presión humana constante, haciendo de estos sitios entornos funcionalmente hostiles. Por lo tanto es necesario calificar estas áreas con resistencia = 100 (Fernandes, Fuzessy, Gestich, Martello, & Ribeiro, 2025).
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	100	Aunque *Plecturocebus ornatus* puede vivir en bosques que bordean lagunas o ciénagas, estas masas de agua abiertas por sí solas no constituyen hábitat apropiado, ya que no ofrecen vegetación arbórea continua ni recursos alimenticios ni refugio seguros; la especie depende de la estructura forestal y no utiliza extensamente áreas abiertas de agua, por lo que en un modelo de resistencia estas coberturas acuáticas se tratan como barreras o zonas de muy baja idoneidad, asignándoles resistencia máxima para representar su rol como zonas evitadas (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Maíz	100	Los cultivos de maíz son paisajes agrícolas abiertos con poca o ninguna cobertura arbórea, lo que representa un hábitat extremadamente inapropiado para un primate que prefiere bosques densos y vegetación continua, y no provee ni refugio, ni alimento ni conectividad estructural, por lo que estas áreas son funcionalmente hostiles para *P. ornatus* y reciben resistencia máxima (de 100) en los modelos de conectividad para reflejar su muy baja afinidad ecológica (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Mosaico de cultivos	65	El mosaico de cultivos presenta una resistencia de 65 porque implica una alta fragmentación del paisaje, con parches agrícolas intercalados con áreas abiertas que rompen la conectividad del dosel arbóreo, condición indispensable para *Plecturocebus ornatus*. Este tipo de cobertura incrementa la exposición a depredadores, el riesgo de desplazamiento terrestre (prácticamente inexistente en la especie) y el

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		aislamiento entre grupos familiares (Defler, 2010; Estrada, Raboy, & Oliveira, 2012).
Obras hidráulicas	100	Las obras hidráulicas implican cambios extensivos en el paisaje, fragmentación de bosques y eliminación de vegetación arbórea, lo que hace estos ambientes totalmente inapropiados para un primate estrictamente forestal como *P. ornatus*; la ausencia de continuidad de dosel y la perturbación humana intensa hacen que estas coberturas sean zonas de evitación, recibiendo resistencia máxima para indicar su nula o casi nula aptitud como hábitat (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Otros cultivos transitorios	100	Las coberturas de cultivos transitorios representan una amenaza para estos primates, ya que genera pérdida de hábitat, fragmentación, aislamiento poblacional, reducción de recursos y aumento del riesgo de depredación o persecución. En estas zonas la estructura arbórea se reduce significativamente, disminuyendo a su vez la disponibilidad de alimento y la conectividad funcional para *P. ornatus.* Además, la matriz agrícola actúa como barrera al desplazamiento y dispersión. Por ello se asigna una resistencia de 100 a estas coberturas, ya que esas áreas no constituyen hábitat viable ni corredores funcionales (Costa-Araújo, da Silva L, & de Melo F, 2022)
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	100	Los sitios de disposición de residuos a cielo abierto representan ambientes altamente perturbados por humanos, sin cobertura forestal natural ni recursos tróficos adecuados, y están asociados con disturbio continuo, presencia humana y fragmentación del paisaje, por lo que *P. ornatus* evita estas áreas y su uso es prácticamente inexistente; por ello se asigna resistencia máxima (100) para representar su mínima afinidad ecológica por estos ambientes (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Palma de aceite	60	La palma de aceite presenta una resistencia de 60 debido a que es uno de los agroecosistemas más hostiles para primates arbóreos, caracterizado por estructura mono estratificada, ausencia de conectividad del dosel y manejo intensivo. Para *Plecturocebus ornatus*, este tipo de cobertura carece de rutas arbóreas funcionales, recursos alimenticios adecuados y refugio, obligando a la especie a evitar activamente estas áreas o quedar aislada en fragmentos de bosque remanente (Defler, 2010; Estrada, Raboy, & Oliveira, 2012).
Palmares	1	Para *P. ornatus*, los palmares son funcionales al mantener estructuras arbóreas continuas, conectividad del dosel y disponibilidad de recursos tróficos clave. Muchas especies de palmas producen frutos consumidos por primates neotropicales y forman parte integral del bosque inundable y del bosque de galería, ambientes frecuentemente utilizados por los titíes. Además, los palmares ofrecen rutas de desplazamiento seguras en el dosel, sitios de descanso y refugio, permitiendo el mantenimiento de territorios y grupos familiares. Dado que *P. ornatus* presenta alta fidelidad al hábitat forestal y muy baja

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		tolerancia a matrices abiertas, los palmares naturales funcionan como hábitat núcleo o corredores de alta calidad, justificando la mínima resistencia asignada (Defler, 2010).
Pastos arbolados	100	Los pastos arbolados, aunque poseen algunos individuos leñosos dispersos, continúan siendo matrices altamente degradadas que no proporcionan la estructura vertical continua que *P. ornatus* requiere para desplazarse y alimentarse, llegando a representar una barrera ecológica. Cuando los árboles están demasiado dispersos, con grandes espacios de pasto entre ellos, la especie se expone a depredadores, tiene que bajar al suelo (algo poco habitual en titíes), y su eficiencia de desplazamiento y forrajeo se reduce drásticamente. Además, la disponibilidad de recursos alimenticios, frutos, hojas, flores, se reduce: los árboles dispersos en pastos arbolados rara vez proveen la diversidad y densidad de recursos necesarios. Por esto, la resistencia asignada (100) es máxima, reflejando la nula permeabilidad de esta matriz para la especie (Fernandes, Fuzessy, Gestich, Martello, & Ribeiro, 2025).
Pastos enmalezados	100	Los pastos enmalezados son coberturas que no cuentan con una estructura arbórea permanente ni dosel. Por lo cual no solo limita el desplazamiento de *P. ornatus*, a su vez no garantiza refugio, ni sitios seguros para dormir o refugiarse frente a depredadores, y además carece de los recursos alimenticios típicos (frutos de árboles, hojas, flores) que forman la base de su dieta. Los pastos enmalezados pueden representar una matriz hostil o casi e incluso mortal, ya que cruzarla puede implicar exposición prolongada, riesgo elevado y energía excesiva. Por tanto se asigna una resistencia de 100 a pastos enmalezados, ya que representan una barrera funcional para *P. ornatus* (Costa-Araújo, da Silva L, & de Melo F, 2022).
Pastos limpios	100	Los pastos limpios corresponden a coberturas destinadas para el desarrollo de la actividad productiva como la ganadería, constituyendo una de las formas más intensivas de conversión de hábitat. En esos contextos, la falta de vegetación arbórea útil para primates impide que haya estructura vertical, refugios, o recursos alimenticios relevantes, asimismo, el paisaje está dominado por humanos, ganado, maquinaria, perturbación continua. Para los monos titíes, estos ambientes no son hábitat sino una matriz inhóspita que interrumpe la conectividad entre fragmentos de bosque, siendo una de las razones principales que comprometen la viabilidad de la especie. Por ello es necesario asignar una resistencia de 100 a esta cobertura de pastos limpios (Costa-Araújo, da Silva L, & de Melo F, 2022).
Pastos y árboles plantados	100	Los pastos con árboles plantados pueden contener algunos individuos arbóreos, pero no reemplazan la estructura de un bosque natural complejo, ni generan el dosel continuo necesario para que el tití ornamentado pueda moverse, alimentarse y refugiarse; la estructura simplificada de estos sistemas, junto con su asociación con actividad humana, los hace inadecuados como

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		hábitat y por ello reciben resistencia máxima para indicar la muy baja probabilidad de uso (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Plantación forestal	75	La plantación forestal presenta una resistencia de 75 porque se trata de sistemas monoespecíficos y estructuralmente simplificados, con estratificación vertical pobre, baja diversidad de recursos tróficos y manejo intensivo. Aunque visualmente pueden parecer bosques, estas plantaciones carecen de la heterogeneidad espacial y florística necesaria para sostener poblaciones de *P. ornatus*, cuya dieta y comportamiento social dependen de bosques naturales bien estructurados. Además, la disposición regular de los árboles y la ausencia de lianas y sotobosque funcional limitan el desplazamiento arbóreo seguro (Defler, 2010).
Red vial y territorios asociados	100	Las carreteras y su infraestructura asociada fragmentan y aíslan el hábitat arbóreo que necesita *Plecturocebus ornatus*, incrementando la mortalidad por atropello y generando un ciclo continuo de perturbación (ruido, tránsito humano, presencia de perros, accesibilidad para caza y tala) que reduce la idoneidad del área como hábitat o corredor. Las carreteras convierten parches de bosque en islotes más pequeños y menos conectados, obligando a desplazamientos terrestres peligrosos o forzando el aislamiento de subpoblaciones, por lo cual estas coberturas funcionan como barreras a la movilidad de esta especie. Es por esto por lo cual para esta cobertura se otorga una resistencia de 100 (Praill, y otros, 2023)
Ríos	100	Los grandes cursos de agua actúan a menudo como barreras geográficas para muchos primates neotropicales al impedir el cruce arbóreo continuo del dosel. Los que ríos han marcado límites de distribución y restringen flujo génico en varias especies de primates neotropicales, por lo que, en paisajes donde *P. ornatus* requiere continuidad arbórea para su locomoción y dispersión, los ríos pueden considerarse barreras intensas (resistencia máxima). Por lo tanto se otorga una resistencia de 100 a esta cobertura (Mourthé, Hilário, Carvalho, & Boubli, 2022).
Tejido urbano discontinuo	100	El tejido urbano discontinuo combina pérdida de dosel, perturbación humana permanente, amenazas por perros y tráfico, y una matriz que habitualmente no provee recursos ni refugios apropiados para un primate estrictamente arbóreo. Estos primates dependen de la continuidad de la vegetación y evitan el contacto humano prolongado; por tanto, en un mosaico urbano fragmentado la aptitud del hábitat para *P. ornatus* es muy baja, justificando una resistencia alta (Bicca-Marques, 2017)
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	100	La vegetación acuática sobre cuerpos de agua (como totorales o juncales) no provee árboles ni conectividad arbórea que *Plecturocebus ornatus* requiere para moverse y alimentarse; aunque pueda haber vegetación densa en el nivel herbáceo, no satisface las necesidades de una especie estrictamente forestal y arbórea, por lo que estas coberturas son consideradas inapropiadas y se asigna resistencia máxima para

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		reflejar su baja afinidad ecológica (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Vegetación secundaria alta	1	La cobertura de Vegetación secundaria alta corresponde a áreas donde ha habido regeneración suficiente, como árboles de porte moderado a alto, vegetación arbórea relativamente densa con cierta estructura vertical. Para un primate arbóreo como *P. ornatus*, esas condiciones le permiten un desplazamiento arbóreo, forrajeo, alimento, refugio, refugio nocturno, y posibilidades de territorialidad. Esto sugiere que, cuando la regeneración ha progresado, el hábitat puede ser suficientemente cercano en estructura para sostener primates arborícolas: hay recursos alimenticios, conectividad, refugios, y suficiente cobertura (Heymann, y otros, 2019). Por ello, asignar resistencia de 1 tiene respaldo ecológico, ya que se cumplen las funciones mínimas de hábitat, facilitando presencia, movimiento y posiblemente reproducción.
Vegetación secundaria baja	10	De manera similar, la cobertura de Vegetación secundaria baja hace referencia a las etapas tempranas de regeneración de la cobertura vegetal presentando árboles jóvenes de poca densidad ye estructura vertical limitada. En tales condiciones, aunque haya algunos árboles, la estructura arbórea puede ser insuficiente para sostener completamente a un primate arbóreo como *P. ornatus*, en comparación con una vegetación remanente que ya cuente con vegetación de porte alto. Esta escasez inicial de ramas continuas, de refugios seguros y de alimento frutal implican que la zona pueda permitir ciertos pasos ocasionales, dispersión, tránsito marginal, pero con algo de riesgo (Kupsch, Walter, & Heymann, 2014). Por ello la resistencia de 10 representa el uso de la cobertura teniendo en cuenta que facilita el tránsito y conectividad de esta especie.
Yuca	100	Los cultivos de yuca son paisajes agrícolas abiertos dominados por plantas de porte bajo y sin dosel arbóreo, lo que no ofrece refugio arbóreo, recursos alimenticios ni cobertura estructural para un primate que depende de bosque denso; por ello, estas áreas son funcionalmente hostiles para P. ornatus y muestran resistencia máxima de 100, indicando su casi nula probabilidad de uso o tránsito por parte de la especie (Carretero, Guzmán-Caro, Palacios, & Stevenson, 2020).
Zonas industriales o comerciales	100	Las Zonas industriales implican conversión permanente de cobertura, emisiones, ruido continuo, tráfico pesado y fuerte perturbación humana, siendo estos factores que eliminan o degradan irremediablemente la estructura arbórea necesaria para *P. ornatus*. Como se ha mencionado anteriormente, el dosel arbóreo representa refugio y permite la movilidad de este primate, por lo tanto esta presión antrópica sobre los remanentes forestales pone en riesgo la fauna, representando una barrera y por lo tanto, siendo calificada con una resistencia de 100.
Zonas pantanosas	90	La cobertura de zonas pantanosas presenta suelos anegados con alta humedad e inundación, y una gran disminución o no presencia de

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		cobertura arbórea. Para un primate estrictamente arborícola, como *Plecturocebus ornatus*, este tipo de ambiente es altamente hostil: carece de la estructura de dosel continuo necesaria para el desplazamiento, refugio y alimentación, y obliga a descender al suelo, lo que incrementa el riesgo de depredación, estrés por exposición y dificultad de movimiento. Además, la inundación limita el crecimiento de árboles de porte medio-alto y crea discontinuidades fisiográficas que funcionan como barreras naturales (strada, y otros, 2017). Por estas razones se asigna un valor de resistencia cercano al máximo (90)

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

Tabla 1-118 Resistencia otorgada a cada una de las coberturas identificadas en el área de influencia físico-biótica del área desarrollo Bucare para la especie *Leopardus pardalis*

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
Arenales	30	La cobertura de arenales presenta barreras para el movimiento *de L. pardalis*. Debido a que es una especie que depende fuertemente de la vegetación densa, es complejo para el ocelote refugiarse y cazar en estas áreas de arenales, que cuentan por el contrario con una escasa cobertura vegetal. A su vez, los recursos tróficos se reducen; en una cobertura vegetal densa se facilita esta actividad de caza. Debido a esto se califica con una resistencia de 30, ya que el arenal al ser una zona abierta y con baja vegetación, se disminuye su probabilidad de uso y afecta la dispersión de *L. pardalis* (Pérez-Irineo & Santos-Moreno, 2014).
Arroz	100	Esta cobertura de arrozales representa un uso del suelo con fines agrícolas y transformación total, por lo tanto no provee la cobertura vegetal densa, estructura del hábitat ni la disponibilidad de presas naturales que la especie necesita, y además están fuertemente asociados con presencia humana y perturbación continua. El ocelote está fuertemente ligado a hábitats con vegetación continua o elementos de refugio (bosques, matorrales, galería) y evita áreas abiertas o altamente alteradas, por lo tanto la expansión de los arrozales se asocia a la pérdida de hábitat natural, generando una mayor fragmentación que afecta negativamente a esta especie, justificando la máxima resistencia obtenida (100) (Don & DeeAnn, 2005).
Bosque de galería y/o ripario	1	Esta cobertura de bosque de galería y/o ripario es un hábitat clave para *L. pardalis*, ya que ofrece una cobertura vegetal densa, recursos hídricos y disponibilidad de alimento. Estas franjas boscosas funcionan como corredores biológicos naturales, facilitando el movimiento y dispersión de la especie, siendo una función clave para el ocelote, de hábitos mayormente nocturnos y crípticos, que los hace evitar zonas abiertas o altamente intervenidas. Es por ello por lo que se asigna una resistencia de 1, indicando la máxima afinidad para esta especie, altamente asociada a ambientes boscosos densos, cobertura vegetal continua y alta complejidad estructural (Moreno, Kays, & Samudio, 2006; De la Torre & Medellín, 2010)

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
Bosque denso alto de tierra firme	1	La cobertura de Bosque denso alto de tierra firme ofrece refugio, sitios de descanso y oportunidades de caza para la especie *L. pardalis*. Así mismo, la idoneidad del hábitat, indicada por la resistencia obtenida (1), se sustenta en la reducción de la exposición de esta especie a la actividad humana. El ocelote es altamente afín a bosques y coberturas boscosas con vegetación densa o cubierta vegetal continua, es por ello que esta cobertura es totalmente funcional para esta especie (Kittel, 2011).
Bosque denso alto inundable	1	Los bosque inundables aún presentan vegetación cerrada, suelo cubierto y complejidad estructural similar a los bosques de tierra firme, lo cual les permite a los individuos *L. pardalis* moverse con seguridad y acceder a presas. Siempre que haya vegetación relativamente densa, aumenta la probabilidad de que esta especie tenga afinidad por esta cobertura, lo cual ocurre en este caso, justificando la resistencia de 1 que indica la mayor afinidad. Aunque el carácter inundable pueda representar disminución a al movilidad, sigue siendo un hábitat boscoso y complejo, haciéndolo adecuado para refugio y caría de sus presas terrestres y semiacuáticas (Wilson & Mittermeier, 2009)
Cacao	75	Para la cobertura de Cacao se obtuvo una resistencia alta (75) por parte de *L. pardalis*, esto se debe a que se trata de un cultivo homogéneo que lleva a la transformación total del área, con poca continuidad de vegetación nativa y escasos elementos estructurales de sotobosque que el ocelote requiere para cazar y ocultarse. Aunque el ocelote muestra cierta plasticidad en el uso de hábitats, su preferencia está fuertemente ligada a vegetación densa y compleja, mientras que los sistemas de cacao monocultivo reducen tanto la disponibilidad de lugares seguros para emboscar a sus presas (Sergeyev, y otros, 2023).
Café	70	Una resistencia elevada (de 70) de *Leopardus pardalis* a coberturas de café se debe a que, aunque esta especie puede cruzar ocasionalmente paisajes agrícolas, prefiere hábitats con vegetación continua y densa para cazar y refugiarse, mientras que los cafetales (especialmente los intensivos o con poca vegetación de sotobosque) suelen presentar una estructura vegetal simplificada y fragmentada, reduciendo la disponibilidad de presas naturales y aumentando la exposición a perturbaciones humanas (Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2020).
Canales	70	Los canales (estructuras lineales de agua con márgenes abiertos y escasa vegetación densa) generan una resistencia alta (70) para *L. pardalis* porque no proveen cobertura estructural ni recursos tróficos significativos, y muchas veces están asociados a actividades humanas intensivas que incrementan el disturbio y la fragmentación del hábitat; el ocelote, siendo un felino que usa vegetación cerrada como refugio y corredor de movimiento, tiende a evitar hábitats abiertos o con vegetación reducida, lo que se traduce en valores altos de resistencia para coberturas carentes de elementos de sotobosque (Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2020).

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
Cítricos	75	Por su parte, para las coberturas de cítricos estos sistemas agrícolas intensivos, que suelen implicar limpieza del sotobosque, insumos químicos y continuo disturbio humano, ofrecen condiciones ambientales subóptimas para un felino que depende de cobertura vegetal continua y microhábitats seguros. En paisajes dominados por cultivos frutales como cítricos, la fragmentación del hábitat natural, la reducción de conectividad entre parches de bosque y la menor abundancia de presas nativas llevan a que los ocelotes eviten estas zonas o las usen solo de paso con baja probabilidad, especialmente comparado con ambientes de vegetación natural (Sergeyev, y otros, 2023).
Cuerpos de agua artificiales	70	La cobertura de cuerpos de agua artificiales muestra una resistencia muy alta (de 70) para la especie *L. pardalis*, ya que actúan como barreras físicas que interrumpen la conectividad entre parches de hábitat. El ocelote evita estas áreas principalmente debido a la ausencia de cobertura vegetal y de presas terrestres, además del riesgo de exposición que representa permanecer en esta cobertura. De esta manera, esta cobertura no solo se limita el desplazamiento de L. pardalis, sino que representa la fragmentación del paisaje, llegando a forzar a la especie a rodearla en busca de mantener la conectividad hacia otras áreas del paisaje (Payán & Díaz-Pulido, 2011).
Cultivos agroforestales	60	Para la cobertura de cultivos agroforestales se obtiene una resistencia de 60 para *L. pardalis*, lo cual se explica porque aunque este felino neotropical puede ocasionalmente utilizar hábitats alterados o fragmentados, su preferencia ecológica está fuertemente asociada a vegetación continua y compleja. Los sistemas agroforestales, pese a incluir árboles y cierta vegetación, no presentan la misma complejidad ni continuidad de sotobosque que proporcionan bosques naturales, y con frecuencia están fragmentados por actividades humanas, lo que reduce la disponibilidad de presas silvestres y aumenta la perturbación antrópica (Sergeyev, y otros, 2023).
Cultivos permanentes arbóreos	70	La especie *L. pardalis* presenta una resistencia alta de 70 a la cobertura de cultivos permanentes arbóreos. A pesar de la presencia de árboles y vegetación de porte alto, no se reemplaza la estructura de una cobertura vegetal, a su vez la fuerte presencia humana hace que se reduzca la idoneidad de la cobertura, disminuyendo la posibilidad de encontrar refugio y disponibilidad de fauna silvestre para cazar en esta zona. El reducido uso de esta cobertura puede funcionar cuando se quiera realizar desplazamiento hacia áreas muy conservadas, no obstante en este caso lo más posible es que se rodee esta cobertura, todo en busca de evitar el contacto con humanos. Cabe resaltar que a su vez la simplificación del estrato vegetal y la exposición al ser humano reduce su calidad como hábitat óptimo (Moreno, Kays, & Samudio, 2006).
Cultivos permanentes arbustivos	70	El carácter abierto de la cobertura de cultivos permanentes arbustivos, la falta de cobertura boscosa que disminuye el refugio y la presencia de organismos como recurso alimenticio, hacen que *L. pardalis* presente una resistencia de 70

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		hacia esta cobertura, limitando el uso por el ocelote, además incrementando el riesgo de conflictos por la presencia humana (Paviolo, De Angelo, Di Blanco, & Di Bitetti, 2009).
Cultivos permanentes herbáceos	75	Los cultivos permanentes herbáceos también representan coberturas de muy alta resistencia para *L. pardalis*. Al ser una estructura que además se encuentra ampliamente intervenida y manejada por la mano del hombre, no proporciona una cobertura idónea como refugio ni como lugar de caza, lo que limita la posibilidad de ser utilizados por el ocelote como hábitat o corredor. En la mayoría de los casos, la especie solo cruza estas áreas de manera ocasional y con alto riesgo de exposición a amenazas humanas, lo que explica su baja funcionalidad en términos de conectividad (Emmons L. H., 1987).
Estanques para acuicultura continental	70	Una resistencia alta (de 70) frente a estanques de acuicultura continental se explica porque estos ambientes son cuerpos de agua artificiales con poca o nula cobertura vegetal adecuada, y frecuentemente están asociados a la presencia humana, maquinaria y disturbios continuos, lo cual reduce la presencia de presas terrestres naturales y no ofrece refugios óptimos para el ocelote; aunque el ocelote puede moverse por áreas circundantes si hay vegetación adecuada, el área del estanque en sí no cumple con sus requisitos ecológicos de cobertura y complejidad del hábitat que favorecen su uso regular (Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2020).
Explotación de hidrocarburos	100	Las zonas de explotación petrolera tales como coberturas de explotación de hidrocarburos, implican deforestación, construcción de vías, apertura de claros y presencia constante de maquinaria y personal, lo que reduce drásticamente la calidad del hábitat y bloquea el desplazamiento de *Leopardus pardalis*. Este tipo de infraestructura fragmenta el paisaje y expone a los felinos a riesgos de cacería y atropellamiento, es por esto que se presenta la resistencia máxima hacia esta cobertura. Se ha documentado que los grandes y medianos carnívoros evitan estas zonas debido al alto nivel de perturbación y pérdida de cobertura forestal (Finer, Jenkins, Pimm, Keane, & Ross, 2008)
Herbazal denso inundable arbolado	5	Los herbazales densos en zonas inundables con presencia de árboles presentan una baja resistencia para el ocelote (5). Estos ambientes, al mantener condiciones de humedad y vegetación alta, sostienen una importante diversidad de fauna, particularmente anfibios y aves, lo que los convierte en zonas complementarias de cacería. La presencia de árboles refuerza la utilidad de estos espacios como refugios y corredores, disminuyendo la exposición al riesgo humano y permitiendo movimientos en paisajes dominados por agua y vegetación abierta (Payán & Díaz-Pulido, 2011).
Herbazal denso inundable no arbolado	5	Los herbazales densos en zonas inundables sin presencia de árboles también obtienen una resistencia baja para L pardalis. A pesar de su falta de cobertura arbórea, se mantiene una resistencia de 5, esto debido a la gran abundancia de pequeños vertebrados, a su vez al tratarse de una cobertura natural, el ocelote

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		puede desplazarse por esta cobertura, gracias de igual manera a la reducida presencia del ser humano o de depredadores; es por ello que esta cobertura puede emplearse como hábitat o corredor de conectividad, facilitando la movilidad de la especie a incrementando la disponibilidad del hábitat (Payán & Díaz-Pulido, 2011).
Instalaciones recreativas	100	Las áreas recreativas, como complejos turísticos y centros deportivos, implican una urbanización intensiva, con alta actividad humana, ruido y pérdida de hábitat natural. El ocelote, que depende de la cobertura boscosa para cazar y refugiarse, evita completamente estas áreas abiertas y perturbadas. La fragmentación generada por instalaciones recreativas elimina corredores funcionales y crea un efecto de exclusión total para la especie. Es por esto por lo que se justifica la máxima resistencia obtenida de 100 (Sunquist & Sunquist, 2002).
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	30	Para la cobertura de lagos, lagunas y ciénagas naturales, una resistencia de 30 refleja que *Leopardus pardalis* puede transitar o permanecer cerca de cuerpos de agua naturales, gracias a la presencia de vegetación aledaña y zonas boscosas, aunque estos ambientes por sí solos no constituyen su hábitat principal. La especie tiende a encontrarse relativamente cerca de estas fuentes de agua, probablemente porque la presencia de agua está asociada a vegetación densa, mayor disponibilidad de presas y corredores de movimiento (Wang, y otros, 2019),
Maíz	75	La cobertura maíz implica la pérdida de vegetación nativa y alta fragmentación del hábitat, reduciendo la presencia de sotobosque y refugios que el ocelote utiliza para ocultarse y desplazarse con seguridad. *L. pardalis* evita áreas con poca cobertura arbórea y estructuras vegetales continuas, prefiriendo en cambio hábitats con vegetación densa que favorezcan tanto la depredación como el sigilo. En contextos agrícolas intensivos, la densidad de presas naturales también suele ser menor, y el continuo disturbio asociado a la agricultura de maíz actúa como factor de evitación para una especie que favorece ambientes menos perturbados y estructuralmente complejos. Esto explica la resistencia obtenida de 75 (Sergeyev, y otros, 2023).
Mosaico de cultivos	70	La cobertura de mosaico de cultivos donde coexisten diferentes tipos de agricultura, *L. pardalis* puede mostrar uso marginal y cambios en patrones de movimiento, pero se le asigna una resistencia alta (de 70) porque este mosaico suele indicar fragmentación del hábitat natural, con parches menores de vegetación continua y abundancia reducida de presas silvestres; en estos paisajes alterados, aunque pueda transitar ocasionalmente, la probabilidad de uso es baja comparada con ambientes boscosos, motivo por el cual se muestran valores elevados para estas coberturas agrícolas mixtas con baja adecuación ecológica (Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2020).
Obras hidráulicas	100	La cobertura de obras hidráulicas altera profundamente el paisaje natural, modificando los cursos de agua y generando pérdida de hábitat

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		ribereño, el cual es clave para el desplazamiento de Leopardus pardalis. Estas estructuras imponen barreras físicas y aumentan la exposición a riesgos humanos, limitando la conectividad. Estudios han mostrado que los carnívoros de bosque, como el ocelote, disminuyen su presencia en zonas con modificaciones drásticas de ríos y humedales (Wilkie, Shaw, Rotberg, Morelli, & Auzel, 2022)
Otros cultivos transitorios	70	Las coberturas de cultivos transitorios se caracterizan por el reemplazo total de la cobertura natural, lo que genera hábitats abiertos sin refugio ni presas disponibles para el ocelote. Además, la dinámica de rotación y el uso de agroquímicos reducen la biodiversidad y eliminan presas potenciales, transformando el paisaje en un ambiente hostil. Es por esto que se presenta una resistencia de 70 hacia esta cobertura por parte de *L. pardalis*. Se ha registrado que esta especie evita áreas agrícolas intensivas y abiertas, mostrando preferencia exclusiva por ambientes forestales (Di Bitetti, Paviolo, & De Angelo, 2006; Medellín, Ceballos, Zarza, & Otros, 2016).
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	100	Una resistencia máxima (100) para sitios de disposición de residuos a cielo abierto se debe a que estos ambientes son altamente perturbados, carecen de vegetación natural estructural continua y están fuertemente asociados con presencia humana, ruido, contaminación y actividad antrópica constante, lo cual los convierte en hábitats hostiles para *Leopardus pardalis*. Esta especie tiende a evitar entornos abiertos, alterados o expuestos que no satisfacen sus necesidades ecológicas; refugio, caza, protección y movilidad. Esto justifica asignarles valores de resistencia elevados a estas coberturas, que no aportan estructura ni recursos tróficos adecuados (Kittel, 2011).
Palma de aceite	70	Las plantaciones de palma de aceite, aunque ofrecen una cubierta arbórea homogénea, representan hábitats de baja calidad para el ocelote debido a la ausencia de diversidad estructural y la reducción de presas nativas. Además, su manejo intensivo implica fuerte perturbación humana, lo que incrementa la vulnerabilidad de la especie. Si bien algunos registros muestran que el ocelote puede atravesar plantaciones, su uso es principalmente transitorio, lo que explica la resistencia relativamente alta (De la Torre & Medellín, 2010).
Palmares	1	Los palmares, tanto naturales como seminaturales, ofrecen recursos alimenticios y refugio para presas típicas del ocelote, como pequeños roedores, aves y reptiles. La estructura de los palmares permite al felino desplazarse de forma discreta, aprovechando la cobertura vegetal para cazar y evitar la exposición. Estudios han mostrado que *L. pardalis* utiliza hábitats con alta cobertura vegetal, incluso aquellos dominados por monocotiledóneas leñosas, siempre que se mantenga la conectividad y se reduzca la presión humana (Paviolo, De Angelo, Di Blanco, & Di Bitetti, 2009).
Pastos arbolados	70	Para pastos arbolados, el motivo de una resistencia elevada (de 70) es que, aunque

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		existan árboles dispersos dentro del pasto, la cobertura no es continua ni lo suficientemente densa como para proporcionar refugio o hábitat de calidad para cazar. Los ocelotes evitan áreas con vegetación reducida o interrumpida, y prefieren áreas con cobertura de sotobosque bien desarrollada, por lo tanto, los pastos con árboles aislados, sin estructura compleja, no cumplen sus requerimientos ecológicos básicos, traduciendo en alta resistencia (Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2020).
Pastos enmalezados	70	En pastos enmalezados, que son principalmente herbáceos altos sin estratos arbóreos densos, la resistencia alta de 70 se explica porque, aunque haya cierta vegetación, carece de la estructura vertical compleja que el ocelote utiliza para el sigilo, refugio y emboscada de presas; además, este tipo de pastizales representan ambientes muy abiertos y homogéneos, algo que la especie tiende a evitar o usar marginalmente en comparación con hábitats con mayor cobertura (Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2020).
Pastos limpios	70	Los pastos limpios (muy abiertos y con vegetación corta) generan una resistencia alta (de 70) porque para *Leopardus pardalis* no ofrecen el tipo de cobertura ni complejidad estructural que favorece su caza y refugio, y están asociados a mayor presencia humana, ganado y disturbio, lo cual inhibe la permanencia y el movimiento prolongado de la especie en comparación con ambientes forestales densos; por ello los pastos limpios actúan como zonas con baja afinidad ecológica para esta especie, obteniendo esta resistencia (Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2020).
Pastos y árboles plantados	70	Los pastos con árboles plantados reciben una resistencia alta (~70) porque aunque hay árboles, la vegetación plantada suele ser estructuralmente simple, discontinua y con baja complejidad de sotobosque, lo que no satisface la preferencia del ocelote por cobertura continua y densa; además, estos sistemas frecuentemente están asociados a manejo intensivo y actividades humanas, lo que reduce la probabilidad de uso regular por parte de *L. pardalis* en comparación con bosques naturales (Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2020).
Plantación forestal	70	Las coberturas de plantaciones forestales comerciales presentan una resistencia alta, esto debido a que, aunque aportan una estructura arbórea, su homogeneidad y manejo intensivo limitan la diversidad de presas y la disponibilidad de refugio. *L. pardalis* puede usar plantaciones forestales como corredores temporales, pero su valor como hábitat estable es bajo, sobre todo si están aisladas de parches de bosque nativo. La mayor exposición al ser humano y la baja calidad trófica explican el valor de resistencia relativamente alto de 70 (De la Torre & Medellín, 2010).
Red vial y territorios asociados	100	Las carreteras y sus zonas asociadas constituyen una de las principales barreras para *Leopardus pardalis*, pues no solo fragmentan el hábitat, sino que generan mortalidad directa por atropellamientos. Además, los bordes viales suelen estar desprovistos de vegetación densa, lo

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		que aumenta la vulnerabilidad de la especie al desplazarse. La literatura indica que los ocelotes presentan un riesgo alto en zonas viales y evitan cruzar carreteras de alto tráfico, reduciendo así la conectividad poblacional (Ríos-Solís, Lavariega, Flores-Martínez, Sánchez-Cordero, & Pech-Canché, 2025); (Rytwinski & Fahrig, 2015).
Ríos	30	Una resistencia de 30 para la cobertura de **ríos** indica que el ocelote moderadamente utiliza estos ambientes o sus márgenes, especialmente cuando los ríos están acompañados de bosques riparios o vegetación de galería que ofrecen cobertura, refugio y recursos tróficos. La probabilidad de uso del hábitat por ocelotes está relacionada con la proximidad a ríos y lagos, lo cual sugiere que estos cuerpos de agua son parte integral de un paisaje más adecuado, probablemente como corredores naturales y generadores de vegetación estructuralmente compleja (Wang, y otros, 2019).
Tejido urbano discontinuo	100	Aunque la cobertura de tejido urbano discontinuo presenta parches aislados de construcciones, la fragmentación del hábitat y la constante presencia humana generan un ambiente hostil para el ocelote. Estos felinos medianos tienden a evitar los bordes urbanos, pues las actividades humanas, los perros domésticos y la pérdida de presas silvestres hacen que estas zonas sean intransitables. La conectividad se interrumpe de manera casi total, ya que las pequeñas áreas verdes presentes no proveen los recursos mínimos ni la cobertura suficiente para facilitar el desplazamiento de la especie. Es por esto que a esta cobertura se le atribuye una resistencia de 100 (Benítez-López, Alkemade, & Verweij, 2010; Crooks, 2002)
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	30	Una resistencia de 30 para **vegetación acuática sobre cuerpos de** agua se explica porque esta cobertura, aunque asociada a ecosistemas húmedos, no sustituye la estructura compleja de un bosque denso, sino que representa zonas con vegetación cercana al agua que pueden proveer cierta cobertura o puntos de tránsito, especialemente para especies que se mueven a lo largo de corredores ribereños. El ocelote es un predador adaptable en cierta medida y puede usar márgenes vegetados de humedales siempre que exista suficiente cobertura para ocultarse y cazar, pero prefiere ambientes boscosos con sotobosque desarrollado, motivo por el cual la resistencia no es baja (como 1–10) ni extremadamente alta (Wang, y otros, 2019).
Vegetación secundaria alta	1	La vegetación remanente de porte alto ofrece condiciones similares a los bosques o coberturas de áreas boscosas en términos de estructura, refugio y disponibilidad de predad. Esta especie *L. pardalis* se adapta a la vegetación secundaria presentando una resistencia de 1 que indica la más alta afinidad, esto debido a que es una cobertura que ofrece continuidad espacial lo que amplía la disponibilidad del hábitat, asegurando además protección y recursos tróficos (Paviolo, De Angelo, Di Blanco, & Di Bitetti, 2009).
Vegetación secundaria baja	1	Por su parte, la cobertura de vegetación secundaria baja obtiene una resistencia de 1 por parte de *L. pardalis*, lo cual indica que, incluso en

COBERTURA	RESISTENCIA	DESCRIPCIÓN
		estas etapas tempranas de sucesión, esta cobertura puede ser utilizada por esta especie actuando como cobertura intermedia entre áreas más conservadas. La vegetación de porte bajo, como arbustos y matorrales ofrece desplazamiento seguro, así mismo junto con la oferta de presas, esta cobertura mantiene su funcionalidad como hábitat idóneo para esta especie (Moreno, Kays, & Samudio, 2006).
Yuca	75	El cultivo de yuca representa una cobertura de alta resistencia (de 75) para el ocelote. Al tratarse de un monocultivo herbáceo de baja altura, elimina casi por completo la cobertura vegetal y reduce la disponibilidad de presas naturales. Estos ambientes generan un paisaje abierto y hostil para una especie sigilosa que depende del camuflaje y de la cobertura boscosa para cazar y evitar amenazas. Además, la intensa actividad humana asociada a la agricultura aumenta el riesgo de encuentros negativos, cacería y mortalidad por perros o persecución directa. En consecuencia, las áreas dominadas por yuca funcionan como fuertes barreras a la conectividad ecológica para *Leopardus pardalis* (Benítez-López, Alkemade, & Verweij, 2010; Moreno, Kays, & Samudio, 2006)
Zonas industriales o comerciales	100	Las zonas industriales o comerciales representan áreas de transformación extrema del territorio, caracterizadas por grandes infraestructuras, ausencia casi total de vegetación nativa y una actividad humana constante y de alto impacto. Para *L. pardalis*, que depende de hábitats con cobertura boscosa continua para alimentarse y desplazarse de manera segura, estos ambientes resultan completamente inhóspitos. La pérdida de presas silvestres, el ruido, la iluminación artificial, el tránsito de vehículos pesados y la presencia de maquinaria convierten a estas áreas en barreras físicas y ecológicas absolutas. Además, el riesgo de mortalidad aumenta debido a la persecución directa, los atropellamientos y los conflictos asociados con la proximidad a asentamientos humanos (Crooks, 2002); (Benítez-López, Alkemade, & Verweij, 2010). Por ello se presenta la máxima resistencia para esta cobertura (100).
Zonas pantanosas	20	Una resistencia baja (20) para zonas pantanosas se debe a que estas áreas pueden formar parte del mosaico de hábitat utilizado por *Leopardus pardalis*, especialmente cuando están acompañadas de vegetación natural densa o estructuras boscosas. Aunque los pantanos no son su hábitat óptimo, los ocelotes han sido documentados en este tipo de coberturas siempre que haya vegetación suficiente para refugiarse y cazar, y donde hay disponibilidad de presas típicas de estos ambientes, aunque con menor intensidad que en bosques densos (Kittel, 2011).

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

Tabla 1-119 Resistencia otorgada a cada una de las coberturas identificadas en el área de influencia físico-biótica del área desarrollo Bucare para la especie *Myrmecophaga tridactyla*

COBERTURA	RESISTENCIA	Descripción
Arenales	20	Aunque *Myrmecophaga tridactyla* es un animal terrestre y generalista dentro de los ambientes naturales abiertos, no evita completamente las áreas abiertas sin vegetación arbórea si estas ofrecen una disponibilidad de alimento (hormigas y termitas) o conectividad con hábitats favorables. Estos ambientes A menudo albergan densidades altas de insectos excavados en el suelo, sus principales fuentes de alimento; debido a esto se le otorga a esta cobertura una resistencia de 20 (Bertassoni, Mourão, & Bianchi, 2020).
Arroz	30	Una resistencia de 30 frente a los arrozales se justifica porque *Myrmecophaga tridactyla* es una especie terrestre que requiere áreas naturales con abundancia de hormigas y termitas, su alimento principal, y aunque puede moverse a través de ambientes abiertos en busca de alimento, las áreas de cultivo intensivo de arroz no mantienen la estructura del suelo ni la disponibilidad de insectos nativos en densidades suficientes como para sostener su permanencia prolongada; además, la transformación de hábitat asociada a cultivos inundados y manejados intensamente aumenta el disturbio humano y reduce la disponibilidad de presas, por lo que estas coberturas representan zonas de bajo uso pero transitables, asignándoles resistencia moderada de 30
Bosque de galería y/o riparío	1	Para el oso hormiguero gigante *Myrmecophaga tridactyla* la cobertura de bosques de galería y/o riparios funcionan como corredores naturales debido a la alta disponibilidad de recursos y a la función de conectividad que cumplen estos ecosistemas en paisajes fragmentados. Estos ecosistemas ribereños le proveen sombra, refugio y humedad, además de mantener abundancia de nidos de hormigas y termitas, su principal recurso alimenticio. Los bosques de galería son particularmente relevantes en paisajes fragmentados, pues facilitan el desplazamiento seguro entre matrices abiertas (Alberici, 2020; Medri & Mourão, 2005)
Bosque denso alto de tierra firme	1	Una resistencia de 1 para el bosque denso alto de tierra firme se explica porque este tipo de cobertura ofrece condiciones óptimas de refugio, estabilidad microclimática y seguridad para Myrmecophaga tridactyla. Aunque la especie forrajea con frecuencia en áreas abiertas, los bosques densos son fundamentales para el descanso diurno, la termorregulación y la protección frente a depredadores y perturbaciones humanas, especialmente en regiones tropicales cálidas. Además, los suelos forestales y la hojarasca profunda albergan altas densidades de hormigas y termitas, lo que complementa sus áreas de alimentación y explica la resistencia de 1 obtenida (Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Bosque denso alto inundable	1	La asignación de una resistencia de 1 al bosque denso alto inundable se debe a que estos ecosistemas, pese a presentar pulsos de inundación, mantienen una cobertura vegetal continua, alta complejidad estructural y bajos

COBERTURA	RESISTENCIA	Descripción
		niveles de perturbación antrópica, características altamente favorables para *Myrmecophaga tridactyla*. En esta cobertura se pueden encontrar microhábitats seguros y abundancia de insectos asociados a suelos húmedos y madera en descomposición, elementos clave de su dieta. Además, estos bosques funcionan como corredores naturales que facilitan el movimiento entre áreas de forrajeo y reducen el riesgo de exposición térmica o humana (Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Cacao	30	Los cacaotales son sistemas agrícolas con árboles sembrados que pueden ofrecer cierta estructura vertical, pero difieren fundamentalmente de los hábitats naturales usados por el oso hormiguero gigante para alimentarse y desplazarse, ya que las densidades de *Myrmecophaga tridactyla* suele ser menor y la intervención humana (manejo agrícola, aplicación de pesticidas) puede disminuir la abundancia de sus presas. Por ello, aunque el oso hormiguero puede transitar estas áreas ocasionalmente en paisajes mixtos, no suponen hábitats óptimos y se les asigna una resistencia intermedia (de 30) que indica uso limitado o como corredor marginal en comparación con campos naturales que sostienen mayor abundancia de su dieta insectívora (Xenarthra, 2025).
Café	30	En las coberturas de café, la disponibilidad de hormigas y termitas, que constituyen la dieta esencial de *M. tridactyla*, se ve reducida debido al manejo agrícola y la simplificación del hábitat, lo cual hace que los individuos eviten usar intensamente estas áreas, aunque no necesariamente las evitan por completo si forman parte de un mosaico más amplio de hábitat natural y agrícola. Por ello estos cultivos pueden tener una resistencia moderada (de 30), reflejando que la especie no las selecciona como hábitat principal, pero en paisajes mixtos pueden ser atravesados para moverse entre parches con recursos adecuados (Xenarthra, 2025).
Canales	100	Para la cobertura de Canales se obtuvo una resistencia de 100, esto debido a que estos elementos lineales artificiales representan barreras físicas y funcionales para *M.tridactyla*, una especie estrictamente terrestre, de locomoción lenta y con muy limitada capacidad de natación. Los canales incrementan el riesgo de caídas, ahogamiento y aislamiento espacial, además de carecer completamente de recursos alimenticios (hormigas y termitas) (Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Cítricos	30	Los cultivos de cítricos representan ambientes fuertemente transformados con poca vegetación natural y con prácticas agrícolas que reducen la complejidad del hábitat y la abundancia de su principal fuente de alimento (hormigas y termitas), por lo que *Myrmecophaga tridactyla* tiende a evitar estas áreas o a usarlas de forma marginal. La resistencia moderada (de 30) refleja que, aunque estas coberturas no son barreras absolutas (el oso hormiguero puede cruzarlas si es necesario), no constituyen ambientes con recursos tróficos suficientes ni condiciones

COBERTURA	RESISTENCIA	Descripción
		ecológicas óptimas para su permanencia regular (Xenarthra, 2025).
Cuerpos de agua artificiales	100	Los cuerpos de agua artificiales, como embalses y represas, no son utilizados por el oso hormiguero gigante *M. tridactyla* debido a su nula adaptación a ambientes acuáticos y a la alteración del ambiente producto de la actividad humana. Esta especie no está adaptada para movilizarse o alimentarse en cuerpos de agua permanentes, es por ello que este tipo de coberturas actúan como barreras físicas que fragmentan el hábitat y que evita cruzar el oso hormiguero, limitando su movilidad entre parches de vegetación. A partir de esto se obtiene una resistencia de 100 (Medri & Mourão, 2005; Rodrigues, Medri, Miranda, & Alves)
Cultivos agroforestales	15	Una resistencia de 15 para los cultivos agroforestales se justifica porque estos sistemas mantienen una estructura vegetal heterogénea, con presencia de árboles, cobertura del suelo y menor intensidad de manejo que los monocultivos, lo que favorece la persistencia de hormigas y termitas, principales presas de *M. tridactyla*. Además, la combinación de áreas abiertas con sombra y refugio permite al oso hormiguero forrajear y desplazarse con menor estrés térmico, utilizando estos cultivos como hábitats funcionales secundarios o corredores dentro de paisajes productivos (Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Cultivos permanentes arbóreos	30	Sobre la cobertura de cultivos permanentes arbóreos, allí suele mantenerse cierta complejidad estructural gracias a la presencia de árboles de porte medio y elementos lineales como cercas vivas o fragmentos de bosque asociados. Esta configuración aporta microhábitats y fuentes de presas (termitas y hormigas), así como sombra que disminuye el estrés térmico del oso hormiguero gigante *Myrmecophaga tridactyla*. Aunque no es un hábitat óptimo, la heterogeneidad permite que la especie pueda desplazarse y usar estos espacios como áreas de paso entre parches de bosque, lo que justifica un valor de resistencia moderadamente bajo (30) (Bertassoni, Mourão, & Bianchi, 2020; Desbiez & Medri, 2010; Di Blanco, Jiménez-Perez, & Di bitteti, 2015).
Cultivos permanentes arbustivos	30	En la cobertura de cultivos arbustivos, la estructura vegetal es de menor porte que en los arbóreos, pues predominan especies de baja altura, homogéneas y con un manejo agrícola más intensivo. Esto reduce la disponibilidad de refugio y de presas, lo que limita la permanencia del oso hormiguero. No obstante la especie puede desplazarse por estas áreas de forma puntual. Por lo anterior, el valor de resistencia asignado (30) refleja que la conectividad a través de estas matrices es posible pero menos eficiente y con mayor riesgo (Di Blanco, Jiménez-Perez, & Di bitteti, 2015).
Cultivos permanentes herbáceos	30	Los cultivos permanentes herbáceos carecen de estructura de vegetación natural y no sostienen densidades elevadas de hormigas o termitas en comparación con praderas naturales o sabanas, lo que limita su utilidad como zonas de forrajeo para el oso hormiguero gigante. Por ello se

COBERTURA	RESISTENCIA	Descripción
		asigna una resistencia moderada (de 30), indicando que *M. tridactyla* no evita completamente estas áreas, puede cruzarlas para desplazarse, pero no las usa habitualmente como lugares de alimentación o refugio debido a la menor disponibilidad de su alimento principal y mayor perturbación antropogénica (Xenarthra, 2025).
Estanques para acuicultura continental	100	Los estanques para acuicultura continental presentan una resistencia de 100 porque constituyen ambientes acuáticos artificiales permanentes, completamente inadecuados para el oso hormiguero gigante. *M. tridactyla* no utiliza cuerpos de agua como hábitat ni como áreas de tránsito, y su morfología lo hace ineficiente y vulnerable en ambientes inundados o con bordes resbaladizos, aumentando el riesgo de ahogamiento. Además, estos estanques carecen de suelo natural expuesto y de comunidades de hormigas o termitas, eliminando cualquier valor trófico para la especie. Por estas razones, se consideran barreras absolutas al movimiento y uso del hábitat, justificando la resistencia máxima (Emmons L. H., 1987).
Explotación de hidrocarburos	100	Las áreas de explotación petrolera representan paisajes degradados, con pérdida significativa de cobertura vegetal, presencia de infraestructura pesada, tráfico vehicular y ruido constante, además de una altísima actividad humana. Estas condiciones reducen la disponibilidad de recursos tróficos y aumentan el riesgo de colisiones y persecución por humanos. Por lo tanto, *M. tridactyla* evita de manera absoluta estas áreas, que se convierten en barreras infranqueables para la conectividad ecológica, por ello presentan la máxima resistencia hacia estas coberturas (Desbiez & Medri, 2010).
Herbazal denso inundable arbolado	1	En los herbazales inundables con árboles dispersos, *Myrmecophaga tridactyla* aprovecha la combinación de recursos que ofrecen tanto el suelo húmedo como la cobertura arbórea. El carácter inundable temporal de esta cobertura no limita la presencia del oso hormiguero, esto debido a la flexibilidad que muestra en sus desplazamientos estacionales, siguiendo mayormente patrones de disponibilidad de alimento que se relacionan con la humedad del suelo, favoreciendo la presencia de insectos. Por su parte, los árboles dispersos funcionan como refugio térmico y zonas de descanso. Es por esto que se obtiene una resistencia nula a esta cobertura (1) (Alves & Mourao, 2006).
Herbazal denso inundable no arbolado	1	Los herbazales inundables sin cobertura arbórea constituyen hábitats aprovechados por el oso hormiguero gigante *M. tridactyla* debido a la gran abundancia de hormigas y termitas en suelos blandos y húmedos. Aunque la falta de sombra incrementa su exposición térmica, la especie se adapta utilizando estos espacios en horarios más frescos o durante temporadas en que la temperatura es menos extrema. Acá se destaca la presencia en estas áreas, demostrando la capacidad del oso hormiguero para utilizar distintos hábitats siempre que la disponibilidad de presas sea suficiente (Medri & Mourão, 2005)

COBERTURA	RESISTENCIA	Descripción
Instalaciones recreativas	100	Las instalaciones recreativas, como complejos deportivos y turísticos, constituyen ambientes intensamente modificados, con alta afluencia humana, iluminación nocturna y ausencia de vegetación natural. Estos factores hacen que el oso hormiguero gigante, de hábitos solitarios y generalmente crepusculares o nocturnos, no pueda utilizar estos espacios ni como hábitat ni como corredores, por lo que representan una barrera total (100) (Medri & Mourão, 2005; Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	100	Las coberturas acuáticas como lagunas, lagos y ciénagas representan barreras importantes para el desplazamiento del oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*), ya que esta especie no está adaptada para movilizarse o alimentarse en cuerpos de agua permanentes. Si bien puede bordearlos, el cruce directo no es posible y obliga a desviar sus trayectorias, generando mayores costos energéticos y reduciendo la funcionalidad como corredores. Por ello, se les asigna un valor de resistencia de 100, lo que indica que son coberturas de uso nulo y que restringen significativamente la conectividad (Medri & Mourão, 2005; Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Maíz	30	Los cultivos de maíz son ambientes agrícolas intensivos con poca cobertura de vegetación natural y, debido al laboreo frecuente, suelen tener menor presencia de hormigas y termitas en densidades que sustenten la dieta del oso hormiguero gigante, además de estar asociados a activación humana regular. Esto reduce su idoneidad como hábitat para la especie; sin embargo, *M. tridactyla* puede atravesarlos como zonas de paso en un mosaico de uso de suelo más heterogéneo, lo que justifica una resistencia de 30 (Xenarthra, 2025).
Mosaico de cultivos	30	La cobertura de mosaicos agrícolas, conformados por combinaciones de pequeños cultivos generan un paisaje con mayor heterogeneidad que los monocultivos. Esta diversidad espacial ofrece conectividad funcional al proporcionar recursos dispersos y áreas de tránsito con menor exposición. El oso hormiguero gigante puede atravesar estos mosaicos utilizando las áreas de vegetación natural o secundaria como corredores, mientras aprovecha la disponibilidad de presas en ambientes más abiertos. Por ello, aunque existe riesgo de interacción con actividades humanas, la resistencia se mantiene en un nivel moderado (30) (Bertassoni, Mourão, & Bianchi, 2020; Desbiez & Medri, 2010; Di Blanco, Jiménez-Perez, & Di bitteti, 2015)
Obras hidráulicas	100	Esta cobertura de “obras hidráulicas” y demás infraestructuras incorporadas a la misma, modifican radicalmente la dinámica de los ecosistemas acuáticos y ribereños. Para *M. tridactyla*, estas estructuras representan grandes obstáculos a la movilidad, ya que alteran el hábitat circundante y eliminan la vegetación que podría proveer alimento y refugio. De este modo, actúan como fragmentadores del paisaje y se consideran coberturas de resistencia máxima (Naveda-Rodríguez, y otros, 2008).
Otros cultivos transitorios	35	Una resistencia de 35 para la cobertura de otros cultivos transitorios en *M. tridactyla* se justifica

COBERTURA	RESISTENCIA	Descripción
		porque estos sistemas agrícolas, aunque no constituyen barreras absolutas, presentan condiciones subóptimas y variables para la especie. Los cultivos transitorios implican labranza frecuente, ciclos cortos, alta perturbación humana, que reducen la estabilidad del suelo y la disponibilidad de hormigas y termitas. Si bien el oso hormiguero puede atravesar estas áreas de forma ocasional, la escasa cobertura vegetal permanente y la exposición térmica limitan su uso regular para forrajeo o descanso. Por ello, estos cultivos se consideran permeables pero de baja calidad funcional, lo que es coherente con una resistencia intermedia–alta (35).
Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	100	Una resistencia de 100 para los sitios de disposición de residuos a cielo abierto se explica por tratarse de ambientes extremadamente degradados, con alta perturbación humana, contaminación química y física, ausencia de vegetación funcional y suelos compactados o sellados, condiciones totalmente incompatibles con los requerimientos ecológicos de *Myrmecophaga tridactyla*. La especie es altamente sensible a la perturbación y depende de suelos naturales para localizar hormigueros y termiteros; los basureros carecen de estos recursos y aumentan el riesgo de enfermedades, intoxicación y conflicto humano-fauna, por lo que son activamente evitados o letales (Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Palma de aceite	15	La cobertura de palma de aceite presenta una resistencia de 15 debido a condiciones que pueden permitir el uso ocasional del sotobosque por *M. tridactyla*. Aunque no es un hábitat óptimo y su valor ecológico es menor que el de sistemas naturales, la estructura vertical de las plantaciones y la presencia de suelos relativamente expuestos pueden albergar hormigueros y termiteros, permitiendo el tránsito y forrajeo puntual (Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Palmares	1	Los palmares son ambientes abiertos caracterizados por la presencia de palmas dispersas en matrices de pastizales o herbazales, y representan hábitats altamente utilizados por el oso hormiguero gigante. Estos ecosistemas ofrecen tanto recursos alimenticios abundantes en el suelo como refugio térmico bajo las copas de las palmas, lo que favorece el equilibrio entre forrajeo y descanso. La heterogeneidad del palmar permite a la especie desplazarse con facilidad entre zonas abiertas y cubiertas (Desbiez & Medri, 2010).
Pastos arbolados	15	Una resistencia de 15 para los pastos arbolados es consistente con el hecho de que *Myrmecophaga tridactyla* puede utilizar este tipo de zonas, las cuales ofrecen una combinación óptima de áreas abiertas para forrajeo y sombra para termorregulación. Estos sistemas suelen mantener suelos funcionales con alta disponibilidad de hormigas y termitas, además de permitir un desplazamiento eficiente y seguro (Desbiez & Medri, 2010).
Pastos enmalezados	15	Los pastos enmalezados presentan una resistencia de 15 debido a que conservan una

COBERTURA	RESISTENCIA	Descripción
		cobertura vegetal densa y heterogénea, con presencia de herbáceas, arbustos bajos y suelos poco perturbados, condiciones favorables para la abundancia de insectos sociales que constituyen la dieta de *M. tridactyla*. Además, este tipo de cobertura reduce la exposición directa al sol y al disturbio humano, ofreciendo refugio temporal y zonas de alimentación, especialmente en paisajes ganaderos extensivos (Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Pastos limpios	15	Aunque los pastos limpios no representan un hábitat óptimo para *Myrmecophaga tridactyla*, pueden ser utilizados como áreas de tránsito ocasional debido a que el oso hormiguero gigante se desplaza de forma terrestre y muestra cierta tolerancia a ambientes abiertos. En estas zonas, la especie puede movilizarse para conectar parches de hábitat más adecuados, aunque la falta de cobertura arbórea aumenta su exposición a depredadores y la actividad humana incrementa los riesgos de persecución. Aun así, la disponibilidad de insectos en el suelo, principalmente hormigas, permite cierto grado de uso, lo que explica la baja resistencia (15) y su valor como corredores secundarios (Desbiez & Medri, 2010; Medri & Mourão, 2005)
Pastos y árboles plantados	10	Una resistencia de 10 asignada a la cobertura de Pastos y árboles plantados para *M. tridactyla* se debe a que este tipo de cobertura, aunque es antrópica, conserva características estructurales y funcionales similares a hábitats naturales abiertos que la especie utiliza con frecuencia. Los pastos con árboles plantados ofrecen espacios abiertos para el desplazamiento y forrajeo, combinados con sombra, refugio térmico y puntos de descanso, elementos clave para una especie sensible al estrés térmico. Además, estos sistemas suelen mantener hormigueros y termiteros activos en el suelo, especialmente cuando el manejo es extensivo, lo que permite el acceso a su principal recurso alimenticio (Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Plantación forestal	10	Las plantaciones forestales, aunque son ecosistemas artificiales, pueden proporcionar cobertura parcial y oportunidades de refugio a *Myrmecophaga tridactyla*. El oso hormiguero muestra flexibilidad ecológica al utilizar áreas con vegetación exótica siempre que existan insectos disponibles, lo que convierte a estas coberturas en zonas de conectividad complementarias. Sin embargo, el manejo silvicultural intensivo limita su funcionalidad como hábitat estable, manteniendo su rol principalmente como áreas de paso. Esta condición justifica la baja resistencia asignada (10), ya que, aunque no son ideales, pueden facilitar el movimiento entre fragmentos naturales (Desbiez & Medri, 2010; Rodrigues, Medri, Miranda, & Alves, 2008)
Red vial y territorios asociados	100	Las carreteras y vías son una de las principales amenazas para la conectividad del oso hormiguero gigante, dado que incrementan el riesgo de atropellamiento, generan ruido y dividen el hábitat en fragmentos aislados. Diversos estudios han documentado que *M. tridactyla* es altamente vulnerable a la mortalidad en carreteras debido a su desplazamiento lento y

COBERTURA	RESISTENCIA	Descripción
		hábitos terrestres, lo que justifica que estas coberturas tengan una resistencia total (Ascensao, Desbiez, Medri, Bager, & Abra, 2017; Desbiez & Medri, 2010)
Ríos	100	Los ríos de gran tamaño constituyen barreras lineales en el paisaje para *M. tridactyla*, ya que, si bien la especie puede nadar en ríos pequeños o cruzar cursos de agua poco profundos, los ríos mayores representan un límite físico que disminuye la conectividad funcional. Estos cuerpos de agua interrumpen el tránsito entre parches de hábitat y generan fragmentación a escala local y regional. Aunque pueden proveer recursos en sus márgenes, no funcionan como áreas de paso directo, lo que explica que la resistencia se mantenga alta (100) (Naveda-Rodríguez, y otros, 2008; Desbiez & Medri, 2010)
Tejido urbano discontinuo	100	Aunque menos denso que el tejido urbano continuo, el desarrollo suburbano con viviendas dispersas, infraestructura vial y jardines igualmente excluye a *M. tridactyla*. La fragmentación del hábitat, la presencia de humanos y mascotas, y la eliminación de fuentes de alimento impiden que esta especie haga uso de estas coberturas, razón por la cual también se consideran barreras totales (Fonseca & Aguiar, 2004).
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	100	La vegetación acuática sobre cuerpos de agua presenta una resistencia de 100 porque corresponde a un ambiente completamente acuático, sin soporte sólido continuo ni acceso a presas terrestres, lo que imposibilita su uso por *M. tridactyla*. El oso hormiguero gigante no está adaptado a desplazarse ni forrajear en ambientes inundados, y evita activamente cuerpos de agua extensos; además, su dieta especializada en insectos del suelo hace que estas coberturas carezcan de valor alimenticio. Desde una perspectiva funcional, estas áreas representan barreras absolutas al movimiento, justificando la asignación de la máxima resistencia en análisis de conectividad (Emmons L. H., 1987).
Vegetación secundaria alta	1	La vegetación secundaria alta ofrece una estructura con árboles jóvenes, sotobosque y gran diversidad de microhábitats, lo cual favorece tanto el refugio como la movilidad del oso hormiguero gigante *Myrmecophaga tridactyla*. Aunque es una especie que prefiere hábitats abiertos, puede adaptarse a ambientes de vegetación más densa siempre que exista disponibilidad de hormigas y termitas. De hecho, las áreas de vegetación secundaria constituyen hábitats sustitutos en paisajes fragmentados, donde los bosques primarios se encuentran reducidos (Alberici, 2020).
Vegetación secundaria baja	1	En estados iniciales de sucesión, la vegetación secundaria baja ofrece una mezcla de cobertura arbustiva y herbácea que resulta favorable para el oso hormiguero gigante, ya que permite forrajear en áreas abiertas mientras mantiene cierto nivel de refugio contra depredadores y condiciones ambientales extremas. La capacidad de *M. tridactyla* para utilizar estas áreas demuestra su adaptabilidad y resalta la importancia de la regeneración natural en la conservación de la especie (Superina, Miranda, & Abba, 2014).

COBERTURA	RESISTENCIA	Descripción
Yuca	20	Una resistencia de 20 asignada a la cobertura de yuca para *M. tridactyla* se explica porque este cultivo, aunque es antrópico, suele establecerse en sistemas de manejo relativamente extensivos, con bajo nivel de mecanización, presencia de suelos descubiertos o poco compactados y, en muchos casos, márgenes con vegetación secundaria, condiciones que pueden permitir la persistencia de hormigas y termitas, principal recurso trófico de la especie. El oso hormiguero gigante puede atravesar y usar de forma ocasional estos cultivos como áreas de paso o forrajeo puntual dentro de paisajes agrícolas heterogéneos, siempre que exista conectividad con hábitats naturales cercanos; sin embargo, la simplificación estructural del cultivo, la actividad humana y el manejo agrícola limitan su valor como hábitat permanente (Superina, Miranda, & Abba, 2014).
Zonas industriales o comerciales	100	Las zonas industriales y comerciales representan ambientes altamente artificializados, con contaminación acústica, lumínica y química, además de tráfico constante. Estas áreas carecen de recursos para *M. tridactyla* y exponen al animal a múltiples amenazas, incluidas colisiones y persecuciones. Como resultado, no tienen ningún valor para la conectividad de la especie y son clasificadas con resistencia máxima (Superina, Miranda, & Abba, 2014; Rodrigues, Medri, Miranda, & Alves, 2008).
Zonas pantanosas	1	Los pantanos y humedales ofrecen recursos valiosos para el oso hormiguero gigante, ya que la humedad del suelo y la vegetación asociada mantienen comunidades de insectos altamente productivas. Aunque el desplazamiento en estas áreas puede ser más lento debido a las condiciones del terreno, no representan una limitación significativa para la especie, que los utiliza de forma regular como parte de su hábitat. Además, los pantanos actúan como áreas de transición entre bosques riparios, herbazales y palmares (Alves & Mourao, 2006).

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

✓ Distancia a vías

Respecto a las distancias a las vías, esta variable se considera un factor de resistencia debido a su impacto significativo en los patrones de movilidad de las especies, ampliamente documentado en la literatura científica (Benítez-López, Alkemade, & Verweij, 2010). Las vías, como elementos de infraestructura de origen antrópico, generan una serie de efectos negativos en la fauna silvestre, que incluyen barreras físicas y psicológicas. Estos efectos suelen provocar comportamientos de evitación, estrés, fragmentación del hábitat e incluso un incremento en la mortalidad por atropellamiento. Además, las vías pueden alterar la conectividad del paisaje al dividir áreas continuas de hábitat, limitando el acceso a recursos esenciales y la interacción entre poblaciones.

La influencia de las vías no se limita a su impacto directo; también afecta de manera indirecta al modificar el comportamiento de las especies, como cambios en las rutas de desplazamiento y reducción del uso de hábitats cercanos a estas estructuras (Forman & Alexander, 1998). Estas dinámicas subrayan la importancia de incluir las distancias a las vías como una variable clave en los modelos de conectividad ecológica (Fahrig & Rytwinski, 2009).

Esta variable fue evaluada para las tres especies analizadas, ya que la presencia de vías impacta en mayor o menor medida a cada una, dependiendo de sus características ecológicas y comportamentales. En el análisis sin proyecto se consideraron las vías marcadas en la cartografía con terraplén y para el escenario con proyecto, se incluyeron tanto las vías identificadas en el escenario sin proyecto como aquellas proyectadas y de adecuación. A todas las vías se les asignó un buffer de distancia, y su calificación varió en función de la proximidad y el impacto estimado sobre las especies focales (**Tabla 1-120**).

Tabla 1-120 Resistencia otorgada a la distancia de las vías para las especies focales

Distancia	Nivel de resistencia		
	Plecturocebus ornatus	***Leopardus pardalis***	***Myrmecophaga tridactyla***
(0-7m)	100	100	100
(7-10m)	80	75	90
(10-30m)	60	40	50

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

✓ Canales

A partir de la capa de canales identificada en la cartografía base, se aplicó un buffer de 1 metro a estos drenajes con el propósito de evaluar las criticidades de acuerdo con las características ecológicas de cada especie analizada. Este criterio fue considerado únicamente para *Plecturocebus ornatus* y *Myrmecophaga tridactyla*, debido a que, al tratarse de una especie de hábito arborícola y de un mamífero de tamaño mediano, respectivamente, los cuerpos de agua pueden representar un obstáculo en su movilidad, generando resistencia y alterando sus rutas de desplazamiento.

En el caso del tigrillo (*Leopardus pardalis*), esta variable no se consideró, dado que la especie está ampliamente documentada como un buen nadador. Además, los cuerpos de agua pueden incluso funcionar como hábitat para este felino, por lo que no se justificaba incorporarlos como un factor restrictivo adicional a su movilidad.

Es importante precisar que, aunque en la capa de coberturas existe también una categoría a canales, los canales considerados en esta variable corresponden a drenajes de menor ancho, originalmente cartografiados como elementos lineales y posteriormente bufferizados. En consecuencia, no se solapan con los cuerpos de agua poligonales ya incorporados en la capa de coberturas, sino que los complementan al representar microdrenajes y canales secundarios. La matriz de resistencia final se construyó asignando, para cada celda, el valor máximo de resistencia resultante entre la categoría de cobertura y la variable de canales, garantizando así que la presencia de cualquiera de estos elementos restrictivos quede adecuadamente reflejada en el modelo de conectividad funcional.

Tabla 1-121 Resistencia otorgada a los canales para las especies *Plecturocebus ornatus y Myrmecophaga tridactyla*

Variable	***Plecturocebus ornatus***	***Myrmecophaga tridactyla***
Buffer drenaje sencillo	100	30

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

➢ **Corredores biológicos y rutas de menor costo**

Una vez realizada la superficie de fricción, el cual es el insumo principal para calcular las rutas de menor costo se procedió a utilizar la extensión **Linkage Mapper**, que permite mapear los corredores de menor costo entre los nodos identificados que en este caso se asociaron a todos los parches de hábitat identificados en el análisis de la probabilidad de conectividad. Linkage Mapper utiliza mapas de SIG de parches de hábitat (dPC) y resistencia (raster de resistencia) para identificar las rutas de conectividad más eficientes, asignando a cada celda del mapa, un valor de resistencia que refleja el costo energético o el riesgo de mortalidad asociado al desplazamiento a través de dicha celda. A

través de análisis de **distancia euclidiana ponderada por costo** y el uso de scripts en ArcGIS y Python, la herramienta genera mapas compuestos de corredores de menor costo, permitiendo identificar las rutas más viables y cuantificar estadísticas clave de conectividad[5].

Se resalta que el análisis arroja dos tipos de conexiones:

- Las **conexiones por constelaciones**: se refieren a la vinculación de clusters disjuntos de áreas núcleo o parches de hábitat que, aunque no están directamente conectados entre sí, forman agrupaciones separadas dentro del paisaje. Estas conexiones se establecen para unir las constelaciones o clusters mediante enlaces que minimizan la distancia o el costo ponderado entre los grupos.

- Las **conexiones por vecino más cercano:** Son enlaces que se establecen entre un nodo y los nodos más cercanos a él, ya sea en términos de distancia euclidiana o de distancia ponderada por costo. Este tipo de conexión prioriza la proximidad inmediata, asegurando que cada área núcleo esté directamente vinculada con sus vecinos más próximos. Estas conexiones son útiles para analizar la conectividad local, identificar corredores prioritarios y mantener la continuidad funcional entre parches de hábitat adyacentes, permitiendo una evaluación detallada de los movimientos a pequeña escala dentro del paisaje.

Es importante destacar que el análisis de estos corredores consideró ambos tipos de movimiento que pueden presentar las especies focales en el área. Ignorar o excluir alguno de ellos podría generar un sesgo en los resultados, al restringir las zonas de movimiento necesarias para conectar las constelaciones.

De manera similar al análisis de dPC, las rutas de menor costo tanto en el escenario sin proyecto como en el escenario con proyecto fueron empleadas como insumo para delimitar el área de influencia final bajo este componente. Esto se debe a que estas rutas permiten evaluar los cambios en la movilidad de las especies una vez implementado el proyecto, identificando así las áreas donde el impacto podría manifestarse, incluso en ausencia de una intervención directa en dichas zonas.

1.5.3.4.6 Fauna

1.5.3.4.6.1 Etapa precampo

Previo a la ejecución del muestreo para la caracterización de la fauna en el marco del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare en el municipio de Acacías del departamento del Meta, se realizó una búsqueda de información y revisión bibliográfica a partir de bases de datos digitales, estudios técnicos, artículos científicos, revistas y libros, con el fin de identificar las posibles especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos presentes en el área de influencia físico – biótica. Esta búsqueda se realizó aplicando como criterios la ubicación geográfica, haciendo énfasis en el municipio de Acacías, teniendo en cuenta el rango altitudinal del área de influencia físico – biótica, que se encuentra entre los 250 y 500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.); en la **Tabla 1-122** se detallan las fuentes de información consultadas para cada grupo biológico, las cuales se utilizaron para identificar las especies de fauna con probable presencia en el área de influencia físico – biótica.

Posterior a la recolección de la información, se realizó la validación taxonómica utilizando listados actualizados y específicos para cada grupo biológico, los cuales se presentan en la **Tabla 1-133**. Adicionalmente, se estableció el rango altitudinal de las especies encontradas, según lo reportado en la literatura. Igualmente, se estableció su grado de amenaza según la IUCN (IUCN, 2024), los Libros Rojos (Morales, Lasso, Páez, & Bock, 2015); (Renjifo, et al., 2013); (Solari, et al., Riqueza,

[5] McRae, B. H., & Kavanagh, D. M. (2011). Linkage Mapper Connectivity Analysis Software. The Nature Conservancy, Fort Collins, CO. Disponible en: https://linkagemapper.org/linkage-mapper-tools/

endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia, 2013); (Hammer, Harper, & Ryan, PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis, 2001); (CITES, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, 2025) y la Resolución 0126 del 06 de febrero del 2024 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2024) así como su categoría CITES (CITES, 2025) y endemismo, en caso de que aplique.

La información secundaria obtenida sobre las especies de fauna con probable presencia en el área de influencia físico – biótica fue tomada para la realización de un análisis sencillo sobre la riqueza potencial de cada grupo faunístico en el área, su composición y aspectos ecológicos y de conservación con los que se distingan especies de interés para la zona debido a sus categorías de amenaza, o distribución particular.

Tabla 1-122 Fuentes de información secundaria para fauna con probable ocurrencia en el área de influencia fisico – biotica del proyecto

GRUPO	TIPO DE FUENTE	FUENTE DE INFORMACIÓN
ANFIBIOS	Bases de datos	Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF, 2025)y Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB, 2024)
	Otros estudios cercanos	Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental para el APE CPO-9 (2014), Estudio de Impacto Ambiental para la modificación del plan de manejo ambiental (PMA) del Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene (2021), Estudio de Impacto Ambiental Campo de producción 50k CPO-09 (2013)
	Encuestas campo	Encuestas realizadas en campo por profesionales de fauna (2025)
REPTILES	Bases de datos	Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF, 2025)y Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB, 2024).
	Otros estudios cercanos	Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental para el APE CPO-9 (2014), Estudio de Impacto Ambiental para la modificación del plan de manejo ambiental (PMA) del Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene (2021), Estudio de Impacto Ambiental Campo de producción 50k CPO-09 (2013)
	Encuestas campo	Encuestas realizadas en campo por profesionales de fauna (2025)
AVES	Bases de datos	Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF, 2025)y Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB, 2024).
	Otros estudios cercanos	Informe de Cumplimiento Ambiental 35-Bloque Apiay (2024), Informe de Cumplimiento Ambiental 38-Bloque Cubarral (2023), Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental para el APE CPO-9 (2014), Estudio de Impacto Ambiental para la modificación del plan de manejo ambiental (PMA) del Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene (2021), Estudio de Impacto Ambiental Campo de producción 50k CPO-09 (2013)
	Encuestas campo	Encuestas realizadas en campo por profesionales de fauna (2025)
MAMÍFEROS	Bases de datos	Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF, 2025)y Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB, 2024).
	Otros estudios cercanos	Informe de Cumplimiento Ambiental 35-Bloque Apiay (2024), Informe de Cumplimiento Ambiental 38-Bloque Cubarral (2023), Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental para el APE CPO-9 (2014), Estudio de Impacto Ambiental para la modificación del plan de manejo ambiental (PMA) del Bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene (2021), Estudio de Impacto Ambiental Campo de producción 50k CPO-09 (2013)
	Encuestas campo	Encuestas realizadas en campo por profesionales de fauna (2025)

Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.3.4.6.2 Etapa de campo

Los inventarios y la caracterización de la fauna son importantes para cuantificar los impactos que se producirán sobre las comunidades de los diferentes grupos de animales por parte del desarrollo de cualquier actividad humana y la autoridad ambiental menciona dentro de estos estudios la inclusión de cuatro grupos faunísticos de vertebrados (anfibios, aves, mamíferos y reptiles) debido a su susceptibilidad a los impactos ambientales y por ser bioindicadores biológicos sobre el estado y

grado de conservación ambiental y de los ecosistemas donde habitan. La fase de campo se llevó a cabo teniendo en cuenta la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudio Ambientales y los Términos de Referencia para Proyectos de Explotación de Hidrocarburos HI-TER-310, caracterizando anfibios, reptiles, aves y mamíferos; esta caracterización desarrolló desde el 23 de mayo hasta el 21 de junio del 2025, con dos grupos de trabajo compuesta de un ornitólogo, mastozoólogo y herpetólogo, cada una, abarcando 29 coberturas vegetales del área de influencia fisico – biotica.

- ✓ Herpetos

- Transectos de observación por encuentro visual

Para la caracterización de anfibios y reptiles, se utilizó el método de Encuentro Visual sin Restricciones (VES, por sus siglas en inglés), implementado en transectos de longitud no definida (Crump & Scott, 1994). Esta técnica es ampliamente utilizada para evaluar la riqueza de especies en un área específica y para estimar las abundancias relativas dentro de una comunidad ecológica (Palacios-Rodriguez, Rengifo-Mosquera, Roa Panesso Biol, & Palacios Asprilla Biol, 2018). Además, se basa en la búsqueda activa de individuos, lo cual, se llevó a cabo en diferentes hábitats accesibles, con un enfoque en áreas de especial interés. Igualmente, durante el muestreo, se revisaron cuidadosamente troncos, rocas y se removió la hojarasca para detectar ejemplares que pudieran estar ocultos.

La búsqueda de especímenes se realizó en horario diurno (**Fotografía 1-41**) y nocturno (**Fotografía 1-42**), abarcando desde las 8:00 hasta las 12:00 horas, y de las 17:00 a las 21:00 horas. Durante los recorridos, al localizar un ejemplar, se procedió a la toma de fotografías y a la georreferenciación del sitio de hallazgo. Luego, se capturó manualmente y se identificó cada individuo (**Fotografía 1-43**) mediante características morfológicas observables, como el tipo, forma, tamaño y color de estructuras tales como glándulas, membranas timpánicas, discos adhesivos, almohadillas digitales, escudetes, pliegues dérmicos, tubérculos, rebordes cutáneos, membranas interdigitales, espolones y espinas humerales. En el caso de las serpientes, la captura se efectuó con un gancho herpetológico y guantes de protección.



Fotografía 1-41 Muestreo diurno para la caracterización de herpetos
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-42 Muestreo nocturno para la caracterización de herpetos
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-43 Captura de individuos para su identificación morfológica
Fuente: SGI S.A.S, 2025

A continuación, se presentan las coordenadas de ubicación de los 256 transectos (TR) realizados para la caracterización de la herpetofauna asociada al área de influencia fisico – biotica. Igualmente, se muestra la localización espacial de dichos transectos.

Tabla 1-123 Coordenadas de ubicación de los transectos para caracterización de herpetofauna en el área de influencia fisico – biotica.

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
HERPETOS	TR-HER-001	4937807,06	1994569,10	4937795,03	1994347,35	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-002	4941626,67	1989740,94	4941764,93	1989625,45	Vegetación secundaria alta
	TR-HER-003	4937863,85	1994314,73	4938220,01	1994217,03	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-004	4941751,39	1989621,68	4941438,81	1989783,00	Vegetación secundaria alta
	TR-HER-005	4936811,05	1994704,68	4937117,05	1994615,30	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-006	4941309,90	1989198,30	4941451,76	1989033,68	Vegetación secundaria alta
	TR-HER-007	4938467,12	1994150,76	4938399,15	1994078,77	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-008	4941316,43	1989239,25	4941504,16	1989504,73	Vegetación secundaria alta
	TR-HER-009	4940901,07	1992159,03	4940931,94	1992016,14	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-010	4929711,66	1992696,90	4930045,65	1992763,33	Vegetación secundaria alta
	TR-HER-011	4940808,36	1992193,64	4940820,56	1992359,59	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-012	4930062,51	1992726,30	4929786,95	1992474,88	Vegetación secundaria alta
	TR-HER-013	4937767,48	1994589,09	4937665,93	1994577,12	Bosque de galería y/o ripario

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-HER-014	4929706,09	1992495,13	4929769,90	1992422,06	Vegetación secundaria alta
	TR-HER-015	4937617,29	1994545,27	4937466,71	1994717,97	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-016	4929896,92	1992464,29	4929894,25	1992525,81	Vegetación secundaria alta
	TR-HER-017	4943083,05	1999779,32	4942999,87	2000017,82	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-018	4931006,72	1995492,39	4931189,43	1995462,06	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-019	4942999,76	2000017,82	4943110,15	1999810,24	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-020	4930947,73	1995616,61	4930992,43	1995420,58	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-021	4945427,75	1995459,82	4945144,31	1995125,12	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-022	4936020,71	1999193,54	4936046,77	1999206,56	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-023	4944997,79	1995430,50	4945166,99	1996157,90	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-024	4936088,90	1999166,15	4936137,47	1999192,21	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-025	4933286,77	1990409,06	4933803,01	1990194,66	Plantación forestal
	TR-HER-026	4933854,98	1995983,96	4933670,55	1995975,36	Plantación forestal
	TR-HER-027	4933827,45	1990231,77	4933538,96	1990624,24	Plantación forestal
	TR-HER-028	4933639,00	1995927,40	4933409,46	1995908,94	Plantación forestal
	TR-HER-029	4933564,17	1990636,39	4934015,24	1990550,98	Plantación forestal
	TR-HER-030	4934176,52	1995547,09	4933844,42	1995452,34	Maíz
	TR-HER-031	4934019,51	1990582,28	4933583,56	1990690,43	Plantación forestal
	TR-HER-032	4933616,68	1995306,57	4933298,50	1995226,52	Palma de aceite
	TR-HER-033	4931996,15	1996082,16	4931383,65	1996122,24	Palma de aceite
	TR-HER-034	4930872,42	1992599,98	4931232,98	1992769,17	Palma de aceite
	TR-HER-035	4931857,68	1995823,56	4931246,94	1995737,83	Palma de aceite
	TR-HER-036	4935534,04	1993340,94	4935729,21	1993069,72	Palma de aceite
	TR-HER-037	4932210,46	1998664,99	4931958,86	1999075,89	Palma de aceite
	TR-HER-038	4935777,05	1993000,86	4935658,65	1992873,51	Palma de aceite
	TR-HER-039	4931692,27	1999120,78	4931878,55	1999517,88	Palma de aceite
	TR-HER-040	4931969,96	1993280,05	4931342,26	1993321,50	Palma de aceite
	TR-HER-041	4943883,10	1999570,65	4943873,49	1999817,95	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-HER-042	4933211,40	1990554,23	4933206,56	1990472,80	Mosaico de cultivos
	TR-HER-043	4943870,92	1999789,55	4943841,92	1999553,99	Cultivos permanentes herbáceos

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-HER-044	4932892,48	1990301,87	4932726,86	1990512,86	Pastos limpios
	TR-HER-045	4933364,46	1990167,22	4933368,48	1990067,74	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-HER-046	4932658,72	1990501,45	4932423,49	1990373,61	Pastos limpios
	TR-HER-047	4933360,59	1990115,04	4933361,22	1990071,89	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-HER-048	4932462,44	1990360,55	4932814,32	1990291,03	Pastos limpios
	TR-HER-049	4938085,44	1995161,84	4938249,70	1995630,33	Pastos limpios
	TR-HER-050	4932165,79	1991793,95	4932197,81	1992169,03	Pastos limpios
	TR-HER-051	4937636,40	1995449,03	4937263,41	1995102,77	Pastos limpios
	TR-HER-052	4932289,98	1992355,17	4932521,28	1992360,38	Pastos limpios
	TR-HER-053	4940317,76	1985776,33	4939972,09	1986193,67	Pastos limpios
	TR-HER-054	4932526,87	1992316,81	4932563,42	1991758,10	Pastos limpios
	TR-HER-055	4939668,64	1986145,80	4939544,85	1986485,90	Pastos limpios
	TR-HER-056	4933579,05	1988977,12	4934047,97	1989201,68	Pastos limpios
	TR-HER-057	4925694,87	1998266,17	4925485,63	1998055,51	Pastos arbolados
	TR-HER-058	4938916,43	1989652,25	4938852,28	1989854,99	Pastos arbolados
	TR-HER-059	4925192,25	1998383,18	4924880,37	1998470,85	Pastos arbolados
	TR-HER-060	4939085,58	1989690,58	4939103,78	1989530,61	Pastos arbolados
	TR-HER-061	4929869,84	1993213,24	4930488,17	1993169,46	Pastos arbolados
	TR-HER-062	4930721,01	1993565,39	4930626,14	1993425,16	Pastos enmalezados
	TR-HER-063	4930514,52	1993098,18	4929862,59	1993000,81	Pastos arbolados
	TR-HER-064	4930183,87	1993977,21	4930231,69	1993899,40	Pastos enmalezados
	TR-HER-065	4925894,90	1998614,47	4925551,70	1998936,19	Pastos enmalezados
	TR-HER-066	4930333,55	1993878,22	4930439,65	1993940,01	Pastos enmalezados
	TR-HER-067	4925105,11	1998116,33	4925645,04	1997925,37	Pastos enmalezados
	TR-HER-068	4929949,48	1993494,10	4930446,35	1993416,44	Pastos enmalezados
	TR-HER-069	4926816,99	1997414,21	4926894,51	1997612,01	Pastos enmalezados
	TR-HER-070	4927832,14	1995922,61	4927858,19	1995871,86	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-HER-071	4926916,99	1997626,82	4926993,36	1997869,55	Pastos enmalezados
	TR-HER-072	4927861,03	1995837,05	4927885,59	1995916,92	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-HER-073	4943597,46	1999557,24	4943515,10	1999690,44	Cultivos permanentes herbáceos

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-HER-074	4927968,59	1996629,10	4927903,88	1996732,77	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-HER-075	4943499,13	1999708,62	4943410,67	1999672,93	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-HER-076	4927958,20	1996711,30	4927823,05	1996757,77	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-HER-077	4944413,26	1995671,50	4944474,63	1995496,44	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-HER-078	4941832,44	1989626,52	4941961,58	1989351,51	Pastos arbolados
	TR-HER-079	4944474,52	1995496,55	4944422,91	1995684,50	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-HER-080	4938903,95	1989989,39	4939111,18	1989807,09	Pastos arbolados
	TR-HER-081	4937670,50	1994639,58	4937387,99	1994683,42	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-082	4939153,63	1990271,59	4938973,18	1990330,04	Pastos arbolados
	TR-HER-083	4937386,10	1994682,98	4936979,21	1994753,53	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-084	4938861,90	1990002,69	4938799,83	1989903,82	Pastos arbolados
	TR-HER-085	4937480,01	1996134,86	4937722,90	1996300,52	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-086	4934097,87	1998532,34	4934156,01	1998390,26	Bosque denso alto inundable
	TR-HER-087	4938048,49	1996004,52	4937837,27	1996040,53	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-088	4934160,56	1998376,43	4934056,45	1998307,91	Bosque denso alto inundable
	TR-HER-089	4939413,77	1995777,10	4939292,36	1995934,20	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-090	4934044,70	1998353,73	4934041,21	1998430,57	Bosque denso alto inundable
	TR-HER-091	4939284,09	1995963,41	4939120,96	1996207,60	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-092	4934093,57	1998439,51	4934032,22	1998492,98	Bosque denso alto inundable
	TR-HER-093	4930421,98	1996031,93	4930331,38	1996076,27	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-094	4937948,98	1995195,52	4937961,33	1995344,71	Bosque denso alto inundable
	TR-HER-095	4930173,71	1996356,81	4930173,71	1996356,81	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-096	4937964,45	1995376,40	4937952,59	1995463,46	Bosque denso alto inundable
	TR-HER-097	4941466,03	1989360,91	4941337,67	1989555,87	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-098	4937866,38	1995440,47	4937807,22	1995340,34	Bosque denso alto inundable
	TR-HER-099	4941324,64	1989548,44	4941488,06	1989645,46	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-100	4937858,34	1995251,94	4937889,41	1995376,60	Bosque denso alto inundable
	TR-HER-101	4940244,21	1989744,02	4940234,66	1989909,88	Vegetación secundaria baja
	TR-HER-102	4933027,18	1998160,53	4933027,86	1998416,35	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-103	4940389,59	1990025,57	4940395,36	1989858,72	Vegetación secundaria baja

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-HER-104	4933001,47	1998443,47	4932862,95	1998308,02	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-105	4941073,07	1989540,68	4941260,58	1989886,30	Vegetación secundaria baja
	TR-HER-106	4932861,44	1998292,08	4932992,43	1998200,01	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-107	4938532,56	1990438,38	4938768,04	1990071,78	Vegetación secundaria baja
	TR-HER-108	4930424,13	1992414,68	4930574,93	1992690,68	Vegetación secundaria baja
	TR-HER-109	4942135,85	1986477,92	4942120,58	1986542,44	Palmares
	TR-HER-110	4930722,24	1992529,08	4930891,37	1992810,28	Vegetación secundaria baja
	TR-HER-111	4942114,26	1986452,39	4942134,77	1986384,92	Palmares
	TR-HER-112	4935488,16	1986849,00	4935400,32	1986773,86	Palmares
	TR-HER-113	4943639,07	1994778,97	4943702,21	1994695,72	Palmares
	TR-HER-114	4935606,34	1997753,94	4935442,13	1997768,13	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-HER-115	4943699,40	1994662,82	4943728,82	1994539,00	Palmares
	TR-HER-116	4928694,43	2000189,42	4928757,54	2000280,62	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-HER-117	4939187,05	1988428,92	4939168,74	1988430,24	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-HER-118	4945125,91	1999477,54	4945226,74	1999468,48	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-HER-119	4942268,63	1988562,64	4942280,24	1988577,12	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-HER-120	4934849,98	1985357,28	4934920,80	1985441,76	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-121	4939259,66	1989255,04	4939214,62	1989118,61	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-HER-122	4934802,13	1985425,50	4934793,81	1985450,18	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-123	4939214,51	1989118,61	4939255,78	1989256,26	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-HER-124	4934723,31	1985839,10	4934741,71	1985952,20	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-125	4939889,77	1997597,24	4939707,97	1997393,87	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-126	4931183,40	1985485,76	4931178,36	1985503,81	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-HER-127	4938728,21	1997308,16	4938704,78	1997326,11	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-128	4932695,94	1985165,70	4932802,23	1985179,09	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-129	4938819,12	1997299,58	4938856,43	1997332,13	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-130	4930930,43	1985535,79	4930804,26	1985487,76	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-HER-131	4939693,00	1997425,96	4939900,57	1997587,04	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-132	4932820,04	1985178,03	4933072,14	1985166,94	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-133	4931495,39	1985350,67	4931292,52	1985429,27	Herbazal denso inundable arbolado

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-HER-134	4930636,82	1995589,00	4930651,20	1995586,10	Cítricos
	TR-HER-135	4933029,13	1985239,47	4933222,03	1985246,53	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-HER-136	4929393,31	1995141,37	4929107,58	1995143,51	Palma de aceite
	TR-HER-137	4938806,53	1997576,79	4938928,92	1997652,90	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-HER-138	4928694,45	1994955,57	4928849,23	1995038,94	Palma de aceite
	TR-HER-139	4938932,92	1997666,48	4938945,36	1997659,30	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-HER-140	4931221,26	1996080,00	4931216,39	1996048,67	Zonas pantanosas
	TR-HER-141	4936180,51	1999184,31	4936261,59	1999133,65	Cítricos
	TR-HER-142	4935361,34	1987710,85	4934983,34	1987820,37	Pastos arbolados
	TR-HER-143	4936047,25	1996747,33	4935688,85	1996743,17	Café
	TR-HER-144	4934978,87	1986260,74	4934955,00	1986264,86	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-145	4935709,11	1996729,14	4936059,16	1996714,94	Café
	TR-HER-146	4935059,14	1986274,55	4935030,34	1986275,74	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-147	4935797,08	1997708,92	4935683,82	1997936,02	Café
	TR-HER-148	4934814,84	1987685,45	4934954,74	1987611,25	Pastos arbolados
	TR-HER-149	4935419,38	1998234,82	4935394,29	1998215,83	Café
	TR-HER-150	4933508,78	1997830,33	4933496,77	1997701,90	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-151	4935602,96	1997664,86	4935499,57	1997552,33	Café
	TR-HER-152	4933500,93	1997696,22	4933584,14	1997605,41	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-153	4935475,56	1997520,14	4935470,32	1997491,31	Café
	TR-HER-154	4933007,97	1999014,45	4932987,20	1999121,24	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-155	4944219,32	1991198,49	4944262,31	1991278,86	Zonas pantanosas
	TR-HER-156	4933768,29	1997762,79	4933644,02	1997623,08	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-157	4944648,45	1991628,75	4944634,78	1991536,55	Zonas pantanosas
	TR-HER-158	4937393,82	1991800,54	4937613,00	1991751,19	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-159	4944218,88	1991317,96	4944266,15	1991278,76	Zonas pantanosas
	TR-HER-160	4938271,84	1993435,29	4938107,28	1993426,86	Pastos limpios
	TR-HER-161	4939370,94	1996350,59	4939618,53	1996138,19	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-162	4938092,92	1993427,76	4938078,90	1993502,22	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-163	4944404,43	1990551,88	4944413,43	1990559,28	Bosque denso alto inundable

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-HER-164	4932599,01	1991440,25	4932617,61	1991438,33	Zonas pantanosas
	TR-HER-165	4930144,67	1994233,28	4929972,39	1994192,45	Palmares
	TR-HER-166	4937769,50	1995270,79	4937682,91	1995386,57	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-HER-167	4930002,11	1994191,61	4929717,20	1994171,49	Palmares
	TR-HER-168	4937814,98	1995528,31	4937754,09	1995452,76	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-HER-169	4944386,01	1991070,21	4944395,23	1991082,69	Palmares
	TR-HER-170	4937893,52	1995537,95	4937919,86	1995508,99	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-HER-171	4932739,32	1995155,97	4932751,95	1995126,71	Palmares
	TR-HER-172	4938484,22	1993480,23	4938483,86	1993483,18	Arenales
	TR-HER-173	4937118,48	1990250,63	4937118,96	1990267,48	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-HER-174	4938000,59	1995640,66	4938007,58	1995643,60	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-HER-175	4936681,04	1989728,35	4936999,49	1989644,49	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-176	4938857,55	1997055,31	4938954,76	1997078,59	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-HER-177	4936955,79	1989641,58	4936406,53	1989274,00	Pastos limpios
	TR-HER-178	4942546,94	1988676,23	4942583,44	1988653,64	Cacao
	TR-HER-179	4936347,79	1989122,70	4936568,94	1989070,62	Pastos limpios
	TR-HER-180	4942602,12	1988638,45	4942723,68	1988472,35	Cacao
	TR-HER-181	4937020,11	1988823,65	4936951,32	1988762,21	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-182	4942682,39	1988517,69	4942593,62	1988604,58	Cacao
	TR-HER-183	4937511,53	1988987,75	4937484,01	1988998,67	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-184	4941001,39	1986928,54	4940965,83	1986894,46	Zonas pantanosas
	TR-HER-185	4936963,27	1989012,96	4937216,03	1989441,40	Palma de aceite
	TR-HER-186	4940757,61	1986655,94	4940558,08	1987016,32	Maíz
	TR-HER-187	4937105,44	1988941,87	4937284,25	1988966,17	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-188	4940592,68	1987044,00	4940942,54	1987236,64	Maíz
	TR-HER-189	4937325,22	1988932,80	4937566,92	1989103,26	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-HER-190	4940865,73	1987339,69	4940533,71	1987425,67	Maíz
	TR-HER-191	4937610,86	1989122,32	4937993,53	1988966,15	Palma de aceite
	TR-HER-192	4940462,86	1987360,23	4940175,52	1986996,21	Maíz
	TR-HER-193	4925980,39	1999085,85	4926012,66	1999054,44	Mosaico de cultivos

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-HER-194	4940200,62	1986821,82	4940765,30	1986631,88	Maíz
	TR-HER-195	4925952,12	1999019,89	4925947,02	1999050,62	Mosaico de cultivos
	TR-HER-196	4926039,41	1999052,71	4926041,00	1999056,68	Mosaico de cultivos
	TR-HER-197	4924375,72	1998602,06	4924360,58	1998556,83	Zonas pantanosas
	TR-HER-198	4924322,00	1998631,84	4924382,29	1998684,63	Zonas pantanosas
	TR-HER-199	4924376,77	1998676,62	4924591,53	1998864,22	Zonas pantanosas
	TR-HER-200	4924646,12	1998858,20	4924674,27	1998661,10	Zonas pantanosas
	TR-HER-201	4945747,16	1992893,19	4946078,83	1993414,09	Arroz
	TR-HER-202	4946078,94	1993413,98	4945716,30	1993062,59	Arroz
	TR-HER-203	4945802,98	1992971,81	4945751,17	1992929,46	Arroz
	TR-HER-204	4945409,53	1993279,97	4945392,43	1993375,26	Arroz
	TR-HER-205	4945603,17	1993058,51	4945982,51	1993389,08	Arroz
	TR-HER-206	4943260,91	1998327,84	4943078,98	1998479,50	Arroz
	TR-HER-207	4943250,78	1998342,61	4943141,64	1997868,22	Arroz
	TR-HER-208	4943180,71	1997823,66	4943086,03	1997948,95	Arroz
	TR-HER-209	4945158,94	1994130,04	4945192,68	1993895,22	Arroz
	TR-HER-210	4945056,49	1994058,44	4944966,45	1994242,91	Arroz
	TR-HER-211	4945203,83	1993863,58	4945424,22	1993594,12	Arroz
	TR-HER-212	4938081,41	1991111,39	4938178,39	1991204,55	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-HER-213	4938104,02	1991283,56	4938239,73	1991362,69	Palmares
	TR-HER-214	4938204,67	1991398,59	4938224,70	1991424,01	Zonas pantanosas
	TR-HER-215	4942453,62	1992104,48	4942481,40	1992145,76	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-HER-216	4938041,18	1991091,28	4938173,33	1991192,77	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-HER-217	4938770,29	1990561,60	4938761,97	1990575,33	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-HER-218	4939095,36	1990721,41	4939116,79	1990753,79	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-HER-219	4927428,89	1998811,97	4927435,28	1998476,94	Cultivos agroforestales
	TR-HER-220	4927435,28	1998476,05	4927506,54	1998779,98	Cultivos agroforestales
	TR-HER-221	4927421,53	1998914,46	4927491,03	1998948,66	Cultivos agroforestales
	TR-HER-222	4927506,22	1998927,55	4927496,88	1998908,34	Cultivos agroforestales
	TR-HER-223	4934357,78	1987795,74	4934519,22	1987757,98	Pastos arbolados

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-HER-224	4934541,88	1987795,06	4934696,38	1987805,45	Pastos arbolados
	TR-HER-225	4934881,06	1987176,23	4934393,97	1987184,58	Plantación forestal
	TR-HER-226	4934370,69	1987166,59	4934340,13	1987437,72	Plantación forestal
	TR-HER-227	4934351,53	1988032,16	4934535,07	1988122,26	Pastos arbolados
	TR-HER-228	4934671,83	1987802,90	4934739,71	1987899,20	Pastos arbolados
	TR-HER-229	4941438,81	1990473,92	4941424,99	1990483,54	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-HER-230	4941287,32	1990595,05	4941380,89	1990533,13	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-HER-231	4941468,88	1990414,61	4941479,46	1990541,67	Arenales
	TR-HER-232	4939719,00	1989706,59	4939515,08	1989969,81	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-233	4939486,88	1989984,42	4939187,11	1990051,53	Bosque de galería y/o ripario
	TR-HER-234	4940377,29	1992093,72	4940374,65	1992107,74	Arenales
	TR-HER-235	4945561,30	1991415,68	4945559,55	1991415,84	Yuca
	TR-HER-236	4944968,46	1991663,49	4944760,69	1991770,27	Yuca
	TR-HER-237	4944911,18	1991638,31	4944719,02	1991773,57	Yuca
	TR-HER-238	4941861,25	1992442,42	4941821,96	1992461,25	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-HER-239	4943693,13	1996160,91	4943691,58	1996158,81	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-240	4939307,99	1986559,37	4938807,65	1986844,42	Maíz
	TR-HER-241	4939319,62	1986619,79	4938858,99	1986986,14	Maíz
	TR-HER-242	4937823,67	1987812,31	4937643,76	1987739,28	Maíz
	TR-HER-243	4937331,55	1987701,18	4937605,66	1987491,63	Maíz
	TR-HER-244	4928829,40	2000493,45	4928720,92	2000434,71	Mosaico de cultivos
	TR-HER-245	4928775,96	2000509,33	4928829,40	2000472,81	Mosaico de cultivos
	TR-HER-246	4938970,41	1989118,75	4938945,01	1989092,55	Cacao
	TR-HER-247	4928852,61	2000488,17	4928774,03	2000335,51	Cacao
	TR-HER-248	4928788,05	2000274,39	4928864,51	2000476,00	Cacao
	TR-HER-249	4933254,68	1990178,37	4933346,75	1990179,43	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-250	4936417,84	1989713,07	4936558,07	1989746,14	Otros cultivos transitorios
	TR-HER-251	4933146,68	1987109,85	4933027,02	1987635,16	Pastos y árboles plantados
	TR-HER-252	4933052,95	1987629,38	4933334,38	1987248,70	Pastos y árboles plantados
	TR-HER-253	4932800,30	1987067,84	4932527,78	1987082,39	Pastos y árboles plantados

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-HER-254	4932825,39	1987087,94	4933097,29	1987054,61	Pastos y árboles plantados
	TR-HER-255	4933682,69	1986992,65	4933767,68	1987111,92	Pastos y árboles plantados
	TR-HER-256	4933696,88	1987132,15	4933432,68	1987038,97	Pastos y árboles plantados

Fuente: SGI S.A.S, 2025

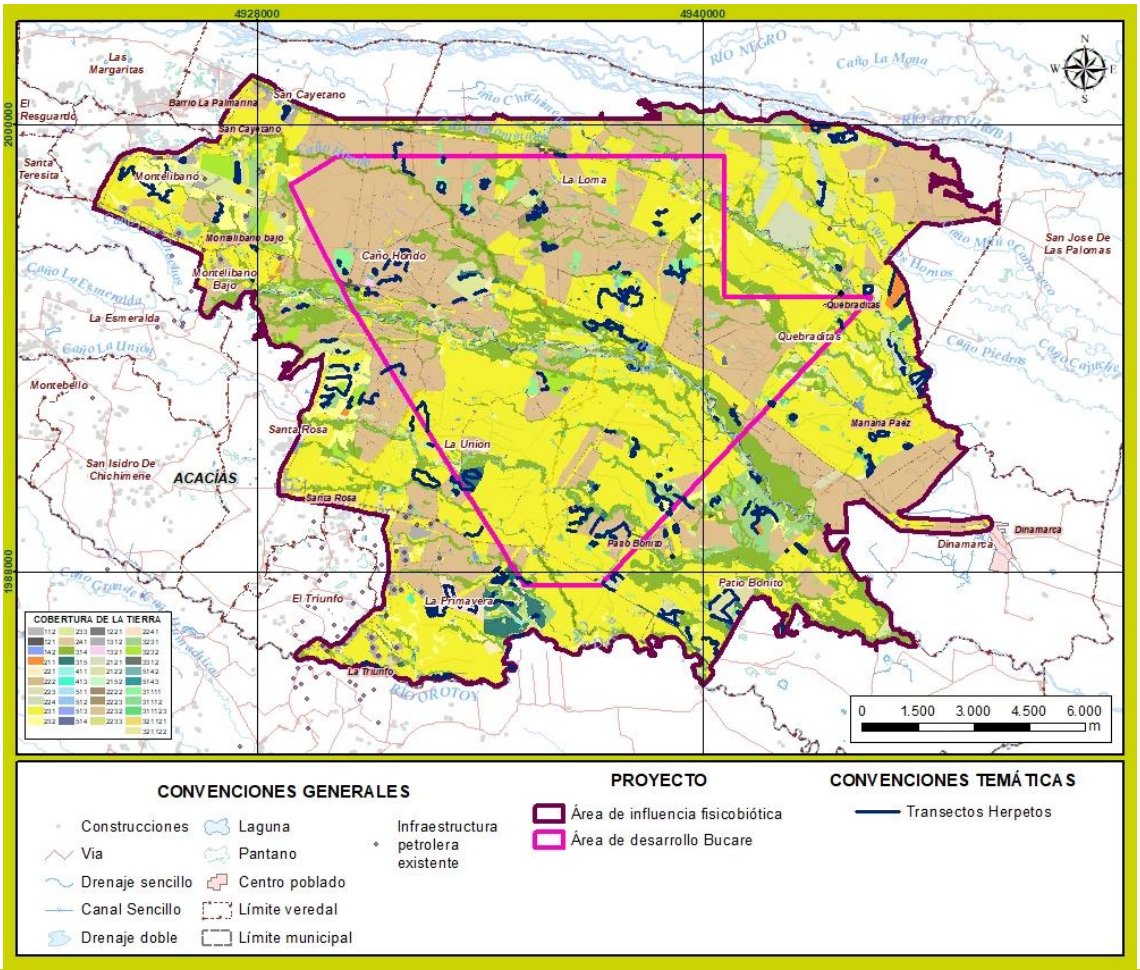


Figura 1-110 Mapa de los sitios de muestreo de herpetofauna en el área de influencia
Fuente: SGI S.A.S, 2025

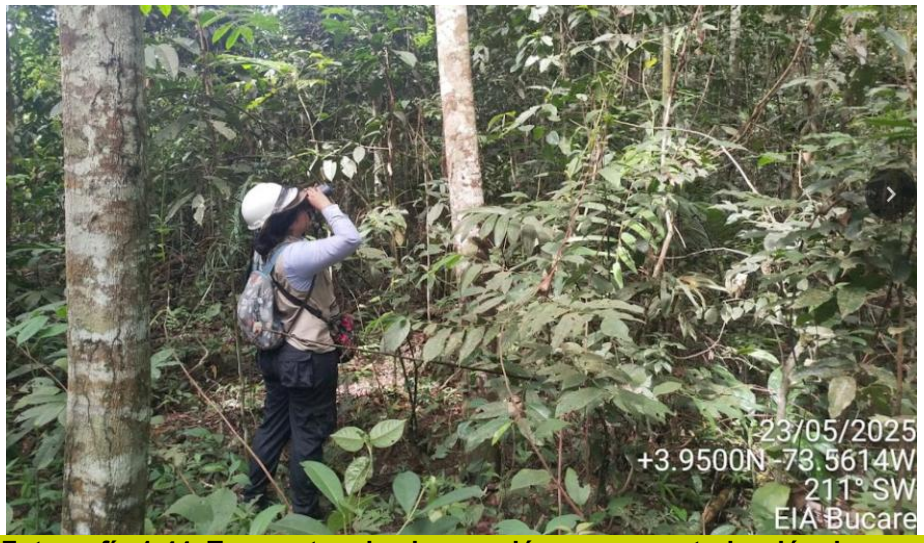
- ✓ Aves

Para determinar la composición de la avifauna presente en el área de influencia fisico – biotica se realizaron muestreos mediante observaciones libres a partir de transectos de observación y captura de ejemplares por medio de redes de niebla.

- Transectos de observación

Esta metodología consiste en recorrer una distancia en una dirección determinada dentro del hábitat o sitio de interés (Taylor, 2003). Para el registro de las aves en el área de influencia fisico – biotica, se llevaron a cabo transectos de longitud variable en cada tipo de cobertura vegetal, durante dos periodos del día: de 5:00 a 10:00 y de 15:00 a 18:00**.** Las observaciones se realizaron utilizando binoculares de 10x42 mm bajo un enfoque de avistamiento libre. Una vez detectada un ave, se procedió a su identificación taxonómica con el apoyo de las guías e ilustraciones de (Hilty & Brown, 2001) y (Ayerbe-Quiñones, 2023). Posteriormente, se registraron datos como el tipo de cobertura, ID del transecto, fecha, nombre de la especie, número de individuos observados y otras observaciones pertinentes. Asimismo, cuando fue posible, se efectuó el registro fotográfico. Igualmente, durante los recorridos de observación se realizaron grabaciones de audio para confirmar o identificar especies cuando las condiciones lo permitieron.

En este sentido, se presenta las coordenadas de ubicación de los 227 transectos (TR) en el área de influencia fisico – biotica y se muestra la localización espacial de estos transectos realizados para la caracterización de avifauna.



Fotografía 1-44 Transectos de observación para caracterización de aves
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 1-124 Coordenadas de ubicación de los transectos para caracterización de avifauna en el área de influencia fisico – biotica.

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
AVES	TR-AVE-001	4937694,39	1994579,41	4937616,47	1994584,18	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-002	4941959,70	1989625,97	4942034,78	1989398,32	Vegetación secundaria alta
	TR-AVE-003	4937441,57	1994563,22	4937118,64	1994608,17	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-004	4941831,97	1989191,15	4941774,79	1989329,03	Vegetación secundaria alta
	TR-AVE-005	4938419,42	1994203,67	4938343,50	1994176,58	Bosque de galería y/o ripario

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-AVE-006	4941636,06	1989799,31	4941576,05	1989281,65	Vegetación secundaria alta
	TR-AVE-007	4940891,20	1992159,69	4940995,04	1991891,14	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-008	4929837,73	1992667,15	4929795,47	1992405,26	Vegetación secundaria alta
	TR-AVE-009	4940803,88	1992354,82	4940586,26	1992394,51	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-010	4929810,81	1992388,33	4929933,37	1992510,73	Vegetación secundaria alta
	TR-AVE-011	4940585,73	1992247,66	4940789,73	1992077,80	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-012	4929897,67	1992695,78	4930255,79	1992684,31	Vegetación secundaria alta
	TR-AVE-013	4945043,27	1995674,40	4945046,56	1995544,47	Otros cultivos transitorios
	TR-AVE-014	4931018,96	1995490,81	4931175,25	1995488,90	Otros cultivos transitorios
	TR-AVE-015	4945180,58	1996133,66	4945063,12	1995676,17	Otros cultivos transitorios
	TR-AVE-016	4931000,40	1995580,29	4930945,47	1995621,04	Otros cultivos transitorios
	TR-AVE-017	4943099,08	1999781,03	4943096,24	2000014,68	Otros cultivos transitorios
	TR-AVE-018	4943203,08	1999808,83	4943464,30	1999909,96	Otros cultivos transitorios
	TR-AVE-019	4933569,05	1990706,93	4933569,89	1990590,17	Plantación forestal
	TR-AVE-020	4934512,34	1995741,22	4934421,07	1995865,93	Plantación forestal
	TR-AVE-021	4933950,50	1990725,76	4933877,41	1990457,89	Plantación forestal
	TR-AVE-022	4933995,28	1995999,28	4933654,90	1996009,91	Plantación forestal
	TR-AVE-023	4933740,81	1990178,91	4933518,04	1990487,17	Plantación forestal
	TR-AVE-024	4933478,73	1995914,70	4933836,20	1995994,95	Plantación forestal
	TR-AVE-025	4931141,32	1999733,08	4931219,18	1999382,14	Palma de aceite
	TR-AVE-026	4934109,13	1995390,12	4933742,33	1995241,33	Maíz
	TR-AVE-027	4932144,23	1999005,93	4931961,58	1999344,04	Palma de aceite
	TR-AVE-028	4933723,45	1995252,33	4933911,85	1995486,11	Maíz
	TR-AVE-029	4931211,83	1996334,68	4931671,38	1996748,16	Palma de aceite
	TR-AVE-030	4931712,02	1993979,46	4932122,32	1993757,64	Palma de aceite
	TR-AVE-031	4943798,05	1999543,58	4943708,44	1999722,21	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-AVE-032	4932018,79	1993647,55	4931704,21	1993546,88	Palma de aceite
	TR-AVE-033	4943659,91	1999730,30	4943476,33	1999717,37	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-AVE-034	4931601,38	1993457,78	4931320,07	1993395,19	Palma de aceite
	TR-AVE-035	4943465,31	1999719,03	4943482,80	1999606,66	Cultivos permanentes herbáceos

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-AVE-036	4931245,21	1993313,64	4931175,54	1992911,42	Palma de aceite
	TR-AVE-037	4937773,21	1994815,88	4937708,53	1995219,32	Pastos limpios
	TR-AVE-038	4935769,12	1992213,85	4935535,23	1992700,24	Palma de aceite
	TR-AVE-039	4937648,73	1995504,84	4937365,50	1995196,14	Pastos limpios
	TR-AVE-040	4935549,82	1993362,44	4935805,75	1992915,18	Palma de aceite
	TR-AVE-041	4940284,53	1985782,35	4939944,37	1986326,96	Pastos limpios
	TR-AVE-042	4936211,22	1992738,58	4935755,52	1992847,80	Palma de aceite
	TR-AVE-043	4924901,95	1998476,97	4925177,51	1998277,58	Pastos arbolados
	TR-AVE-044	4933220,44	1990542,58	4933212,14	1990550,21	Mosaico de cultivos
	TR-AVE-045	4925656,48	1998050,12	4925492,51	1998162,88	Pastos arbolados
	TR-AVE-046	4933040,47	1990408,89	4932536,42	1990473,15	Pastos limpios
	TR-AVE-047	4929958,43	1993273,36	4930044,19	1992980,94	Pastos arbolados
	TR-AVE-048	4932483,44	1990584,35	4932811,01	1990731,54	Pastos limpios
	TR-AVE-049	4925697,79	1997728,04	4925780,32	1997821,07	Pastos enmalezados
	TR-AVE-050	4932872,41	1990704,71	4933152,68	1990545,15	Pastos limpios
	TR-AVE-051	4926017,64	1996929,40	4926125,22	1996962,75	Pastos enmalezados
	TR-AVE-052	4932787,84	1991647,17	4933296,83	1991520,48	Pastos limpios
	TR-AVE-053	4926829,89	1997408,10	4926884,07	1997582,76	Pastos enmalezados
	TR-AVE-054	4933116,70	1992152,18	4933480,13	1992481,86	Pastos limpios
	TR-AVE-055	4943866,72	1999565,90	4944050,63	1999649,79	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-AVE-056	4932383,01	1992371,60	4932392,26	1992651,98	Pastos limpios
	TR-AVE-057	4944451,12	1995688,82	4944758,33	1995291,52	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-AVE-058	4932212,04	1992321,92	4932343,04	1991780,07	Pastos limpios
	TR-AVE-059	4944676,51	1995302,32	4944337,25	1995612,61	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-AVE-060	4933543,43	1989068,14	4933763,23	1989245,37	Pastos limpios
	TR-AVE-061	4944058,16	1999471,54	4944502,24	1999478,58	Pastos enmalezados
	TR-AVE-062	4933900,70	1989305,53	4934222,38	1989458,69	Pastos limpios
	TR-AVE-063	4943921,49	1999493,08	4943468,50	1999451,19	Pastos enmalezados
	TR-AVE-064	4934112,79	1989177,06	4933711,61	1988963,01	Pastos limpios
	TR-AVE-065	4937810,87	1994491,33	4937719,90	1994279,44	Bosque de galería y/o ripario

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-AVE-066	4938703,91	1989946,24	4938945,47	1989646,93	Pastos arbolados
	TR-AVE-067	4937938,98	1994146,09	4938212,79	1994229,73	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-068	4929957,13	1993361,87	4930373,71	1993478,48	Pastos enmalezados
	TR-AVE-069	4927968,59	1996629,10	4927964,06	1996714,91	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-AVE-070	4930692,75	1993983,44	4930265,77	1993872,08	Pastos enmalezados
	TR-AVE-071	4927823,05	1996757,77	4927913,80	1996748,25	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-AVE-072	4929726,93	1994002,19	4929979,42	1994068,13	Pastos enmalezados
	TR-AVE-073	4933358,27	1990160,84	4933380,49	1990102,63	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-AVE-074	4927847,40	1995932,06	4927874,97	1995837,47	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-AVE-075	4939141,29	1996019,73	4939334,38	1996164,03	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-076	4927849,30	1995866,51	4927841,38	1995927,24	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-AVE-077	4939374,34	1996230,33	4939597,60	1996093,50	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-078	4933351,89	1990068,74	4933362,99	1990083,47	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-AVE-079	4937708,69	1995821,97	4937890,48	1995880,87	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-080	4938925,97	1989989,63	4939356,25	1989762,16	Pastos arbolados
	TR-AVE-081	4937472,91	1996132,05	4937709,38	1996180,95	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-082	4939423,61	1989813,52	4939111,78	1989495,42	Pastos arbolados
	TR-AVE-083	4941487,89	1989642,12	4941474,55	1989577,21	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-084	4934116,02	1998513,70	4934294,84	1998532,55	Bosque denso alto inundable
	TR-AVE-085	4941470,96	1989371,77	4941345,30	1989558,17	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-086	4934044,31	1998510,00	4934107,46	1998248,10	Bosque denso alto inundable
	TR-AVE-087	4935542,86	1992830,61	4935425,19	1992982,59	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-088	4934072,06	1998322,12	4934147,21	1998408,47	Bosque denso alto inundable
	TR-AVE-089	4938782,75	1990065,20	4938662,57	1990257,07	Vegetación secundaria baja
	TR-AVE-090	4937954,70	1995180,58	4937888,67	1995208,84	Bosque denso alto inundable
	TR-AVE-091	4938505,89	1990403,11	4938664,16	1990286,17	Vegetación secundaria baja
	TR-AVE-092	4937981,03	1995249,43	4937896,73	1995487,26	Bosque denso alto inundable
	TR-AVE-093	4940399,14	1989859,50	4940447,25	1990081,17	Vegetación secundaria baja
	TR-AVE-094	4937805,07	1995341,79	4937841,61	1995213,66	Bosque denso alto inundable
	TR-AVE-095	4942162,93	1986524,97	4942121,45	1986457,87	Palmares

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-AVE-096	4933020,94	1998175,25	4932927,64	1998450,06	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-097	4928754,73	2000294,11	4928722,08	2000253,93	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-AVE-098	4932895,00	1998442,56	4933019,73	1998169,74	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-099	4928630,81	2000236,55	4928613,98	2000301,37	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-AVE-100	4930447,91	1992547,65	4930598,78	1992725,08	Vegetación secundaria baja
	TR-AVE-101	4939297,36	1989166,27	4939248,70	1989208,30	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-AVE-102	4930653,31	1992667,69	4930536,62	1992536,00	Vegetación secundaria baja
	TR-AVE-103	4939889,49	1997603,16	4939718,33	1997472,87	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-AVE-104	4930663,19	1992733,32	4930597,75	1992757,54	Vegetación secundaria baja
	TR-AVE-105	4938653,80	1997352,05	4938820,85	1997295,89	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-AVE-106	4942135,06	1986384,23	4942113,37	1986451,49	Palmares
	TR-AVE-107	4938645,79	1997373,12	4938853,14	1997347,97	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-AVE-108	4935563,77	1997809,37	4935594,66	1997752,13	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-AVE-109	4938761,21	1997285,53	4938762,55	1997286,92	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-AVE-110	4945126,77	1999477,54	4945212,53	1999462,66	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-AVE-111	4941440,12	1990481,79	4941460,84	1990489,14	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-AVE-112	4939204,53	1988437,15	4939212,03	1988442,21	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-AVE-113	4935657,30	1997968,06	4935711,63	1997661,28	Café
	TR-AVE-114	4939248,16	1989220,87	4939291,40	1989197,63	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-AVE-115	4935504,94	1997714,34	4935287,57	1997450,39	Café
	TR-AVE-116	4934648,78	1985330,11	4934838,98	1985348,94	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-AVE-117	4935284,18	1997474,99	4935397,87	1997660,55	Café
	TR-AVE-118	4934851,34	1985368,65	4934705,32	1985504,22	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-AVE-119	4936044,80	1996762,93	4935757,44	1996694,42	Café
	TR-AVE-120	4934661,89	1985730,78	4934774,44	1985986,81	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-AVE-121	4936310,16	1999999,59	4936358,96	2000002,28	Arenales
	TR-AVE-122	4941818,51	1989927,59	4941786,69	1990024,19	Arenales
	TR-AVE-123	4944649,93	1991628,28	4944634,13	1991538,07	Zonas pantanosas
	TR-AVE-124	4930812,29	1985493,66	4930818,51	1985511,72	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-AVE-125	4944222,22	1991223,71	4944238,66	1991301,58	Zonas pantanosas

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-AVE-126	4930105,39	1995149,66	4929634,26	1995149,46	Palma de aceite
	TR-AVE-127	4944185,21	1991268,34	4944176,01	1991269,48	Zonas pantanosas
	TR-AVE-128	4929404,65	1995159,58	4928938,22	1995201,14	Palma de aceite
	TR-AVE-129	4939532,63	1995831,89	4939366,59	1996127,77	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-130	4930064,93	1995175,38	4929875,46	1995276,15	Palma de aceite
	TR-AVE-131	4944322,63	1991110,08	4944325,55	1991107,50	Palmares
	TR-AVE-132	4929890,40	1995316,91	4929870,81	1995317,29	Arenales
	TR-AVE-133	4930144,24	1994246,41	4930059,32	1994217,93	Palmares
	TR-AVE-134	4930633,92	1995585,88	4930641,37	1995620,11	Cítricos
	TR-AVE-135	4930009,19	1994199,77	4929765,81	1994224,26	Palmares
	TR-AVE-136	4934976,29	1986260,38	4935132,20	1986289,00	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-AVE-137	4932752,48	1995148,35	4932748,58	1995134,93	Palmares
	TR-AVE-138	4934528,24	1988125,10	4934335,24	1988038,97	Pastos arbolados
	TR-AVE-139	4936891,07	1990468,70	4936970,42	1990344,48	Plantación forestal
	TR-AVE-140	4935052,29	1987902,19	4935226,36	1987731,79	Pastos arbolados
	TR-AVE-141	4936687,84	1989733,07	4936993,90	1989627,91	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-142	4935013,57	1987574,55	4934861,43	1987649,29	Pastos arbolados
	TR-AVE-143	4936780,08	1989557,14	4936559,54	1989235,90	Pastos limpios
	TR-AVE-144	4933524,90	1997843,21	4933587,70	1997804,02	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-145	4936529,33	1989234,52	4936606,68	1988625,02	Pastos limpios
	TR-AVE-146	4933582,22	1997607,90	4933670,78	1997796,83	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-147	4937019,23	1988814,75	4937010,27	1988792,57	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-148	4933766,72	1997898,94	4933549,94	1997984,78	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-149	4937425,01	1988888,64	4937497,06	1989018,28	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-150	4937404,75	1991830,67	4937662,54	1991692,49	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-151	4937353,00	1988544,26	4937363,72	1988540,20	Vegetación secundaria alta
	TR-AVE-152	4938086,37	1993427,36	4938206,19	1993470,98	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-153	4937076,34	1988944,97	4937555,35	1989104,62	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-AVE-154	4938274,96	1993366,71	4938450,85	1993271,38	Pastos limpios
	TR-AVE-155	4925972,66	1999086,51	4926035,22	1999073,73	Mosaico de cultivos

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-AVE-156	4937832,98	1995250,14	4937744,37	1995573,05	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-AVE-157	4926050,91	1999058,80	4925989,09	1999045,47	Mosaico de cultivos
	TR-AVE-158	4937741,31	1995538,29	4937822,55	1995238,55	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-AVE-159	4925938,93	1999019,50	4925956,10	1999019,76	Mosaico de cultivos
	TR-AVE-160	4937998,75	1995642,73	4938092,26	1995480,43	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-AVE-161	4924259,33	1998516,85	4924409,35	1998840,17	Zonas pantanosas
	TR-AVE-162	4938068,12	1995483,05	4938018,50	1995600,59	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-AVE-163	4945781,92	1992809,62	4945689,78	1993116,60	Arroz
	TR-AVE-164	4937924,47	1995547,14	4937922,90	1995583,58	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-AVE-165	4945610,38	1993156,11	4945990,87	1993393,62	Arroz
	TR-AVE-166	4938526,49	1993487,99	4938494,43	1993487,88	Arenales
	TR-AVE-167	4945967,60	1993365,90	4945593,01	1993000,90	Arroz
	TR-AVE-168	4938857,91	1997059,50	4938945,80	1997077,08	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-AVE-169	4945839,01	1992948,16	4945821,44	1992840,01	Arroz
	TR-AVE-170	4928788,64	2000513,70	4928765,50	2000408,82	Mosaico de cultivos
	TR-AVE-171	4946080,89	1993396,43	4945718,24	1993045,05	Arroz
	TR-AVE-172	4928741,69	2000497,85	4928824,37	2000481,29	Mosaico de cultivos
	TR-AVE-173	4945924,52	1992977,93	4945929,13	1993175,96	Arroz
	TR-AVE-174	4942323,80	1988437,02	4942370,94	1988425,47	Pastos limpios
	TR-AVE-175	4945371,07	1993301,18	4945318,86	1993449,61	Arroz
	TR-AVE-176	4940757,61	1986655,94	4940558,08	1987016,32	Maíz
	TR-AVE-177	4945495,49	1993293,28	4945338,51	1993750,26	Arroz
	TR-AVE-178	4940600,61	1987054,58	4940950,48	1987247,23	Maíz
	TR-AVE-179	4945188,68	1994133,02	4945238,49	1993743,32	Arroz
	TR-AVE-180	4940865,73	1987321,83	4940527,61	1987412,68	Maíz
	TR-AVE-181	4938068,79	1991110,70	4938073,74	1991110,38	Zonas pantanosas
	TR-AVE-182	4940467,89	1987365,66	4940180,54	1987001,64	Maíz
	TR-AVE-183	4938050,62	1991087,23	4938169,63	1991188,49	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-AVE-184	4940202,90	1986826,61	4940767,58	1986636,67	Maíz
	TR-AVE-185	4938180,47	1991206,51	4938075,40	1991134,41	Lagunas lagos y ciénagas naturales

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-AVE-186	4940121,37	1987010,41	4940049,14	1987073,70	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-AVE-187	4938202,00	1991387,36	4938190,64	1991454,23	Zonas pantanosas
	TR-AVE-188	4939054,13	1991965,85	4939041,09	1992033,99	Zonas pantanosas
	TR-AVE-189	4938775,05	1990549,81	4938839,00	1990613,49	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	TR-AVE-190	4938096,58	1991294,78	4938250,17	1991341,81	Palmares
	TR-AVE-191	4939092,49	1990771,11	4939078,05	1990748,21	Palmares
	TR-AVE-192	4927429,15	1998886,46	4927463,58	1998465,48	Cultivos agroforestales
	TR-AVE-193	4927463,58	1998465,48	4927511,01	1998780,06	Cultivos agroforestales
	TR-AVE-194	4934645,37	1987735,35	4934302,26	1987731,16	Pastos arbolados
	TR-AVE-195	4934475,34	1987913,73	4934595,53	1987881,39	Pastos arbolados
	TR-AVE-196	4934554,26	1987858,37	4934614,73	1987797,03	Pastos arbolados
	TR-AVE-197	4941292,63	1990669,74	4941342,30	1990548,55	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-AVE-198	4933194,87	1985182,14	4933079,74	1985201,61	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-AVE-199	4941010,39	1990142,51	4941018,10	1990349,70	Bosque de galería y/o ripario
	TR-AVE-200	4940365,66	1992095,02	4940337,50	1992125,21	Arenales
	TR-AVE-201	4945528,17	1991437,04	4945540,31	1991418,84	Yuca
	TR-AVE-202	4944980,94	1991723,71	4944976,26	1991728,31	Yuca
	TR-AVE-203	4944839,66	1991760,14	4944784,55	1991664,31	Yuca
	TR-AVE-204	4943240,48	1992558,95	4943217,52	1992632,23	Maíz
	TR-AVE-205	4933157,27	1987107,21	4933037,60	1987632,52	Pastos y árboles plantados
	TR-AVE-206	4933052,95	1987629,38	4933334,38	1987248,70	Pastos y árboles plantados
	TR-AVE-207	4932749,16	1987028,44	4932787,87	1987094,13	Pastos y árboles plantados
	TR-AVE-208	4932824,33	1987077,88	4933019,29	1986829,12	Pastos y árboles plantados
	TR-AVE-209	4933682,69	1986992,65	4933767,68	1987111,92	Pastos y árboles plantados
	TR-AVE-210	4933736,41	1987109,56	4933472,21	1987016,38	Pastos y árboles plantados
	TR-AVE-211	4933273,31	1990556,54	4933284,90	1990569,02	Mosaico de cultivos
	TR-AVE-212	4943898,85	1995560,54	4944037,76	1995489,43	Mosaico de cultivos
	TR-AVE-213	4931221,26	1996080,00	4931216,39	1996048,67	Zonas pantanosas
	TR-AVE-214	4941736,17	1992581,41	4941711,03	1992670,05	Zonas pantanosas
	TR-AVE-215	4924377,14	1998498,53	4924331,63	1998484,24	Pastos limpios

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-AVE-216	4937703,50	1992228,11	4937722,33	1992228,64	Pastos limpios
	TR-AVE-217	4931162,35	1985501,04	4931305,93	1985453,41	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-AVE-218	4931240,96	1985490,97	4931481,73	1985326,06	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-AVE-219	4938790,39	1997580,87	4938870,05	1997642,31	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-AVE-220	4938917,96	1997645,22	4939006,43	1997697,90	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-AVE-221	4938924,95	1989147,55	4938964,58	1989114,90	Cacao
	TR-AVE-222	4928728,50	2000302,31	4928859,14	2000483,22	Cacao
	TR-AVE-223	4928860,13	2000445,52	4928802,58	2000296,69	Cacao
	TR-AVE-224	4942477,39	1988734,92	4942546,72	1988635,54	Cacao
	TR-AVE-225	4942609,80	1988604,63	4942664,04	1988530,81	Cacao
	TR-AVE-226	4942695,53	1988476,58	4942666,16	1988516,79	Cacao
	TR-AVE-227	4936188,43	1999188,10	4936270,05	1999150,13	Cítricos

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Redes de niebla

Las redes de niebla están compuestas por mallas de nylon sostenidas por hilos tensores horizontales de mayor grosor (Bracamonte, 2018), diseñadas para pasar casi desapercibidas en el hábitat, por lo que son útiles para capturar aves en vuelo (Villarreal, et al., 2006). En este sentido, como metodología complementaria se realizó la captura de aves por medio de redes de niebla, por lo cual se dispusieron en cada tipo de cobertura vegetal seis (6) redes de 2.5 m de alto x 12 m de largo y 36 mm de malla. Estas redes se dispusieron en horarios de la mañana y tarde, desde las 5:00 hasta las 10:00 horas y desde las 15:00 hasta las 18:00 horas, siendo revisadas cada 20 minutos para extraer las aves capturadas (**Fotografía 1-45** y **Fotografía 1-46**).



Fotografía 1-45 Instalación redes de niebla para caracterización de aves
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-46 Captura de aves en redes de niebla
Fuente: SGI S.A.S, 2025

La extracción de las aves capturadas se realizó utilizando el método de sujeción corporal y la técnica de "patas primero", según lo descrito por (Ralph, et al., 1996). Tras la extracción, cada ave fue fotografiada y su identificación taxonómica se efectuó utilizando las guías e ilustraciones (Hilty & Brown, 2001) y (Ayerbe-Quiñones, 2023). Posteriormente, se registraron datos como el tipo de cobertura, ID de la red, fecha, especie identificada y otras observaciones relevantes. Finalmente, el ejemplar fue liberado en la misma zona de captura.

Es importante señalar que, para garantizar la seguridad y el bienestar de los ejemplares capturados, se implementaron medidas preventivas durante el proceso de muestreo. En condiciones climáticas adversas, tales como precipitaciones intensas, vientos de alta velocidad o la proximidad de depredadores, las redes de niebla fueron temporalmente cerradas. Estas acciones se tomaron para minimizar el riesgo de estrés, daño físico o mortalidad en las aves, asegurando así que el procedimiento de muestreo no comprometiera la integridad de los individuos ni afectara negativamente a las poblaciones locales.

A continuación, en la **Tabla 1-125**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se presentan las coordenadas de ubicación de las 336 redes de niebla (RN) para la caracterización de aves en el área de influencia fisico – biotica. Así mismo, la **Figura 1-111** muestra la localización espacial de estas redes dentro del área.

Tabla 1-125 Coordenadas de ubicación de las redes de niebla para captura de aves en el área de influencia fisico – biotica.

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
AVES	RN-AVE-001	4937819,544	1994547,47	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-002	4941553,879	1989367,631	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-003	4937800,425	1994499,461	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-004	4941573,507	1989576,173	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-005	4937433,464	1994718,202	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-006	4941552,553	1989457,357	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-007	4938398,396	1994185,366	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-008	4941811,636	1989255,108	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-009	4938467,765	1994138,169	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-010	4941788,366	1989439,263	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-011	4938346,347	1994203,008	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-012	4942005,825	1989535,578	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-013	4940856,233	1992245,388	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-014	4929822,058	1992577,075	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-015	4940748,249	1992406,943	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-016	4929811,884	1992568,395	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-017	4940621,657	1992548,181	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-018	4929714,95	1992522,113	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-019	4938145,042	1994248,256	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-020	4929698,581	1992500,916	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-021	4938039,685	1994281,159	Bosque de galería y/o ripario

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-AVE-022	4929959,414	1992432,802	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-023	4937907,065	1994328,965	Bosque de galería y/o ripario
	RN-AVE-024	4929986,847	1992705,866	Vegetación secundaria alta
	RN-AVE-025	4945031,219	1995402,999	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-026	4931059,063	1995542,851	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-027	4945078,818	1995360,331	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-028	4931079,599	1995540,325	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-029	4945140,902	1995308,364	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-030	4931242,76	1995441,713	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-031	4942902,354	1999817,187	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-032	4931169,25	1995405,305	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-033	4942745,363	1999834,086	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-034	4936327,997	1999941,879	Arroz
	RN-AVE-035	4942739,269	2000067,539	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-036	4936437,763	1999946,711	Arroz
	RN-AVE-037	4934059,317	1990759,652	Plantación forestal
	RN-AVE-038	4934030,015	1995979,339	Plantación forestal
	RN-AVE-039	4933979,941	1990771,276	Plantación forestal
	RN-AVE-040	4934013,256	1995995,716	Plantación forestal
	RN-AVE-041	4933892,307	1990747,591	Plantación forestal
	RN-AVE-042	4933990,301	1996036,281	Plantación forestal
	RN-AVE-043	4933703,678	1990144,304	Plantación forestal
	RN-AVE-044	4933827,349	1996052,606	Plantación forestal
	RN-AVE-045	4933776,031	1990211,502	Plantación forestal
	RN-AVE-046	4933594,931	1995988,728	Plantación forestal
	RN-AVE-047	4933854,798	1990284,632	Plantación forestal
	RN-AVE-048	4933586,186	1995935,313	Plantación forestal
	RN-AVE-049	4932102,209	1999125,269	Palma de aceite
	RN-AVE-050	4932089,587	1993482,66	Palma de aceite
	RN-AVE-051	4932126,703	1999368,002	Palma de aceite
	RN-AVE-052	4932022,087	1993439,931	Palma de aceite
	RN-AVE-053	4932110,018	1999507,738	Palma de aceite
	RN-AVE-054	4931473,885	1993469,658	Palma de aceite
	RN-AVE-055	4931906,483	1996901,259	Palma de aceite
	RN-AVE-056	4931315	1993081,549	Palma de aceite
	RN-AVE-057	4931840,193	1997003,845	Palma de aceite
	RN-AVE-058	4935671,475	1992403,796	Palma de aceite

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-AVE-059	4931660,171	1996890,161	Palma de aceite
	RN-AVE-060	4935653,474	1993230,446	Palma de aceite
	RN-AVE-061	4943324,229	1999737,042	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-062	4933273,928	1990458,306	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-063	4943358,22	1999656,158	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-064	4933265,837	1990453,997	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-065	4943262,463	1999726,865	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-066	4933257,698	1990448,806	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-067	4943580,701	1999699,133	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-068	4933204,976	1990465,163	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-069	4943750,536	1999740,844	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-070	4933194,164	1990473,923	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-071	4943794,782	1999771,936	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-072	4939326,655	1989090,697	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-073	4937815,622	1995241,535	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-074	4932624,433	1990767,413	Pastos limpios
	RN-AVE-075	4937780,944	1995363,887	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-076	4933051,434	1990722,565	Pastos limpios
	RN-AVE-077	4937798,126	1995476,007	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-078	4932235,413	1991742,868	Pastos limpios
	RN-AVE-079	4940099,018	1985986,948	Pastos limpios
	RN-AVE-080	4932428,9	1991711,728	Pastos limpios
	RN-AVE-081	4940171,329	1985918,735	Pastos limpios
	RN-AVE-082	4933778,887	1989542,542	Pastos limpios
	RN-AVE-083	4940241,434	1985833,743	Pastos limpios
	RN-AVE-084	4933891,892	1989571,553	Pastos limpios
	RN-AVE-085	4925566,064	1998354,742	Pastos arbolados
	RN-AVE-086	4939005,443	1989909,976	Pastos arbolados
	RN-AVE-087	4925641,135	1998284,615	Pastos arbolados
	RN-AVE-088	4939047,028	1989931,019	Pastos arbolados
	RN-AVE-089	4925755,571	1998294,997	Pastos arbolados
	RN-AVE-090	4939075,749	1989925,434	Pastos arbolados
	RN-AVE-091	4929956,292	1993287,031	Pastos arbolados
	RN-AVE-092	4939274,409	1989788,056	Pastos arbolados
	RN-AVE-093	4929785,263	1992754,458	Pastos arbolados
	RN-AVE-094	4939228,575	1989769,831	Pastos arbolados
	RN-AVE-095	4930008,778	1992788,307	Pastos arbolados

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-AVE-096	4938769,272	1989952,438	Pastos arbolados
	RN-AVE-097	4926299,29	1996920,825	Pastos enmalezados
	RN-AVE-098	4930523,634	1993447,398	Pastos enmalezados
	RN-AVE-099	4926242,486	1996932,828	Pastos enmalezados
	RN-AVE-100	4930534,904	1993392,513	Pastos enmalezados
	RN-AVE-101	4926020,554	1997135,407	Pastos enmalezados
	RN-AVE-102	4930755,476	1992479,486	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-103	4926922,839	1997652,886	Pastos enmalezados
	RN-AVE-104	4930821,988	1992632,83	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-105	4926989,924	1997830,169	Pastos enmalezados
	RN-AVE-106	4930837,016	1992714,934	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-107	4927106,344	1997845,062	Pastos enmalezados
	RN-AVE-108	4930830,959	1992687,162	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-109	4930691,335	1995598,664	Cítricos
	RN-AVE-110	4934094,519	1998434,836	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-111	4930682,762	1995617,873	Cítricos
	RN-AVE-112	4934103,826	1998443,063	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-113	4936197,61	1999190,662	Cítricos
	RN-AVE-114	4934066,525	1998283,704	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-115	4936206,353	1999189,135	Cítricos
	RN-AVE-116	4934114,432	1998264,887	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-117	4936244,099	1999207,453	Cítricos
	RN-AVE-118	4934143,35	1998266,079	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-119	4936249,511	1999199,96	Cítricos
	RN-AVE-120	4934156,374	1998345,508	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-121	4938953,966	1996078,79	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-122	4937957,354	1995191,816	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-123	4939051,886	1996166,822	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-124	4937964,548	1995183,781	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-125	4939124,095	1996239,581	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-126	4937973,891	1995189,508	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-127	4945285,417	1993340,168	Arroz
	RN-AVE-128	4937829,959	1995356,334	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-129	4945246,31	1993349,586	Arroz
	RN-AVE-130	4937837,778	1995379,001	Bosque denso alto inundable
	RN-AVE-131	4936214,561	1999185,899	Cítricos
	RN-AVE-132	4937843,31	1995374,922	Bosque denso alto inundable

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-AVE-133	4941360,234	1989629,468	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-134	4930476,163	1992550,27	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-135	4941326,944	1989603,881	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-136	4930499,743	1992561,783	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-137	4941298,351	1989561,731	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-138	4930535,579	1992655,3	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-139	4928819,849	2000327,031	Cacao
	RN-AVE-140	4930613,606	1992707,96	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-141	4928816,323	2000378,865	Cacao
	RN-AVE-142	4930513,529	1992488,243	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-143	4928826,313	2000435,428	Cacao
	RN-AVE-144	4930506,31	1992450,636	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-145	4941305,604	1989734,9	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-146	4942113,898	1986532,029	Palmares
	RN-AVE-147	4941286,383	1989835,003	Vegetación secundaria baja
	RN-AVE-148	4942135,217	1986574,087	Palmares
	RN-AVE-149	4930653,088	1995601,153	Cítricos
	RN-AVE-150	4942162,58	1986565,252	Palmares
	RN-AVE-151	4928591,768	2000241,13	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-152	4935684,374	1996630,86	Café
	RN-AVE-153	4928594,218	2000275,217	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-154	4935679,61	1996667,447	Café
	RN-AVE-155	4928612,319	2000311,008	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-156	4935684,993	1996699,598	Café
	RN-AVE-157	4942109,737	1986520,483	Palmares
	RN-AVE-158	4935760,304	1997708,075	Café
	RN-AVE-159	4942109,821	1986506,072	Palmares
	RN-AVE-160	4935794,731	1996596,237	Café
	RN-AVE-161	4942130,153	1986486,1	Palmares
	RN-AVE-162	4935811,304	1996607,173	Café
	RN-AVE-163	4938997,003	1989078,941	Cacao
	RN-AVE-164	4934653,182	1985399,727	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-165	4938935,234	1989104,127	Cacao
	RN-AVE-166	4934643,185	1985458,712	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-167	4938925,914	1989159,352	Cacao
	RN-AVE-168	4934623,67	1985461,356	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-169	4939255,036	1989064,491	Cultivos permanentes arbóreos

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-AVE-170	4934752,248	1985469,547	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-171	4939325,087	1989071,79	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-172	4934781,881	1985475,565	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-173	4939223,119	1989104,958	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-174	4934762,038	1985958,875	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-175	4939762,908	1997451,171	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-176	4930850,118	1985529,817	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-177	4939873,534	1997489,182	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-178	4930861,322	1985534,662	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-179	4939910,918	1997593,505	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-180	4930653,088	1995601,153	Cítricos
	RN-AVE-181	4938776,611	1997420,455	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-182	4930669,686	1995618,451	Cítricos
	RN-AVE-183	4938855,699	1997622,223	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-184	4930671,112	1995597,935	Cítricos
	RN-AVE-185	4938785,893	1997668,397	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-186	4930716,009	1995601,829	Cítricos
	RN-AVE-187	4941425,367	1990493,554	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-188	4933241,503	1987327,337	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-189	4941293,627	1990569,114	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-190	4933208,217	1987297,324	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-191	4941301,079	1990556,568	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-192	4933156,751	1987250,283	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-193	4935386,414	1997336,184	Café
	RN-AVE-194	4933128,417	1987237,799	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-195	4935457,105	1997495,362	Café
	RN-AVE-196	4933177,98	1987145,684	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-197	4935580,248	1997550,698	Café
	RN-AVE-198	4933321,469	1987278,509	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-199	4935697,743	1996833,387	Café
	RN-AVE-200	4933529,834	1997805,444	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-201	4935680,811	1997823,254	Café
	RN-AVE-202	4933541,438	1997748,846	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-203	4935699,679	1997687,954	Café
	RN-AVE-204	4933559,31	1997729,124	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-205	4925919,439	1999023,757	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-206	4933511,666	1997674,718	Bosque denso alto de tierra firme

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-AVE-207	4925942,334	1999016,894	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-208	4933706,012	1998011,215	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-209	4925962,234	1999010,812	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-210	4933724,364	1997935,922	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-AVE-211	4945713,685	1992833,845	Arroz
	RN-AVE-212	4937830,136	1995247,089	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-213	4945744,91	1992801,467	Arroz
	RN-AVE-214	4937835,833	1995253,198	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-215	4945789,007	1992748,78	Arroz
	RN-AVE-216	4937793,942	1995300,019	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-AVE-217	4945441,91	1993281,905	Arroz
	RN-AVE-218	4928693,961	2000187,846	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-219	4945404,422	1993277,296	Arroz
	RN-AVE-220	4928682,525	2000195,819	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-221	4945356,217	1993272,055	Arroz
	RN-AVE-222	4928689,718	2000226,664	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-223	4933645,435	1987061,845	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-224	4938953,487	1997079,961	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-225	4933589,319	1987002,674	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-226	4938946,954	1997078,866	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-227	4933671,669	1986970,561	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-228	4938944,478	1997077,865	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-229	4933735,345	1986960,44	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-230	4938896,185	1997109,562	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-231	4933680,887	1986978,733	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-232	4938893,188	1997111,284	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-233	4933758,252	1986937,207	Pastos y árboles plantados
	RN-AVE-234	4938891,58	1997111,988	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-235	4942557,318	1988700,172	Cacao
	RN-AVE-236	4933250,089	1990539,049	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-237	4942492,828	1988733,878	Cacao
	RN-AVE-238	4939263,154	1989064,107	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-239	4942745,761	1988577,312	Cacao
	RN-AVE-240	4939222,276	1989115,7	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-AVE-241	4942693,918	1988484,237	Cacao
	RN-AVE-242	4927861,688	1995827,563	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-243	4942618,827	1988644,101	Cacao

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-AVE-244	4927876,293	1995831,584	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-245	4942629,745	1988609,753	Cacao
	RN-AVE-246	4927879,045	1995845,766	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-247	4936345,956	1999909,058	Arroz
	RN-AVE-248	4927868,673	1995941,016	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-249	4936416,552	1999920,205	Arroz
	RN-AVE-250	4927878,198	1995929,586	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-251	4927972,157	1996636,924	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-252	4927876,081	1995917,944	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-253	4927976,654	1996652,005	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-254	4930871,815	1985541,574	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-255	4927983,269	1996666,293	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-256	4934799,831	1985479,929	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-257	4927836,954	1996752,812	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-258	4934660,263	1985343,668	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-259	4927856,004	1996753,341	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-260	4934719,9	1985386,612	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-261	4927864,471	1996732,439	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-AVE-262	4943227,713	1999812,734	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-263	4938746,299	1997404,503	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-264	4943278,513	1999825,434	Otros cultivos transitorios
	RN-AVE-265	4938671,439	1997380,106	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-AVE-266	4930514,981	1993501,873	Pastos enmalezados
	RN-AVE-267	4938893,935	1997642,918	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-AVE-268	4930414,968	1993847,949	Pastos enmalezados
	RN-AVE-269	4938767,184	1997280,501	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-270	4930487,994	1993865,412	Pastos enmalezados
	RN-AVE-271	4938772,938	1997278,715	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-272	4930573,719	1993857,474	Pastos enmalezados
	RN-AVE-273	4938775,386	1997275,54	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-274	4933709,301	1995263,966	Maíz
	RN-AVE-275	4940088,483	1987021,97	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-276	4933692,531	1995277,056	Maíz
	RN-AVE-277	4940080,876	1987030,238	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-278	4933676,764	1995290,191	Maíz
	RN-AVE-279	4940068,126	1987036,284	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-AVE-280	4933759,771	1995247,317	Maíz

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-AVE-281	4926046,747	1999045,002	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-282	4933790,132	1995261,817	Maíz
	RN-AVE-283	4926044,366	1999050,558	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-284	4933814,975	1995271,691	Maíz
	RN-AVE-285	4926043,837	1999060,877	Mosaico de cultivos
	RN-AVE-286	4940396,364	1986768,067	Maíz
	RN-AVE-287	4938234,73	1991345,852	Palmares
	RN-AVE-288	4940426,527	1986757,748	Maíz
	RN-AVE-289	4938232,614	1991345,323	Palmares
	RN-AVE-290	4940456,689	1986749,017	Maíz
	RN-AVE-291	4938209,066	1991360,272	Palmares
	RN-AVE-292	4940690,206	1986655,916	Maíz
	RN-AVE-293	4938206,817	1991359,346	Palmares
	RN-AVE-294	4940721,901	1986644,115	Maíz
	RN-AVE-295	4938180,491	1991329,712	Palmares
	RN-AVE-296	4940751,771	1986627,889	Maíz
	RN-AVE-297	4938177,316	1991327,596	Palmares
	RN-AVE-298	4938163,321	1991558,73	Zonas pantanosas
	RN-AVE-299	4937792,164	1994980,917	Pastos limpios
	RN-AVE-300	4938167,342	1991558,836	Zonas pantanosas
	RN-AVE-301	4937812,008	1994958,692	Pastos limpios
	RN-AVE-302	4938172,952	1991558,73	Zonas pantanosas
	RN-AVE-303	4937834,233	1994933,292	Pastos limpios
	RN-AVE-304	4938113,188	1991571,489	Zonas pantanosas
	RN-AVE-305	4927431,452	1998880,878	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-306	4938118,268	1991570,431	Zonas pantanosas
	RN-AVE-307	4927430,658	1998877,068	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-308	4938123,136	1991569,796	Zonas pantanosas
	RN-AVE-309	4927430,658	1998873,417	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-310	4938219,286	1991433,376	Zonas pantanosas
	RN-AVE-311	4927431,611	1998844,604	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-312	4938216,905	1991438,139	Zonas pantanosas
	RN-AVE-313	4927431,293	1998840,317	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-314	4938211,878	1991443,166	Zonas pantanosas
	RN-AVE-315	4927430,817	1998837,301	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-316	4938021,504	1991189,75	Zonas pantanosas
	RN-AVE-317	4927509,557	1998757,291	Cultivos agroforestales

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-AVE-318	4938013,831	1991189,485	Zonas pantanosas
	RN-AVE-319	4927510,192	1998755,068	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-320	4938007,349	1991184,723	Zonas pantanosas
	RN-AVE-321	4927510,034	1998752,846	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-322	4927509,716	1998718,238	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-323	4927509,716	1998716,175	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-324	4927510,351	1998713,793	Cultivos agroforestales
	RN-AVE-325	4944695,624	1991771,689	Yuca
	RN-AVE-326	4944695,624	1991762,56	Yuca
	RN-AVE-327	4944694,433	1991755,814	Yuca
	RN-AVE-328	4944981,771	1991738,748	Yuca
	RN-AVE-329	4944980,978	1991732,795	Yuca
	RN-AVE-330	4944980,939	1991723,711	Yuca
	RN-AVE-331	4944856,359	1991645,085	Yuca
	RN-AVE-332	4944861,915	1991645,085	Yuca
	RN-AVE-333	4944869,852	1991644,688	Yuca
	RN-AVE-334	4945571,59	1991412,172	Yuca
	RN-AVE-335	4945577,941	1991406,351	Yuca
	RN-AVE-336	4945585,878	1991398,943	Yuca

Fuente: SGI S.A.S, 2025

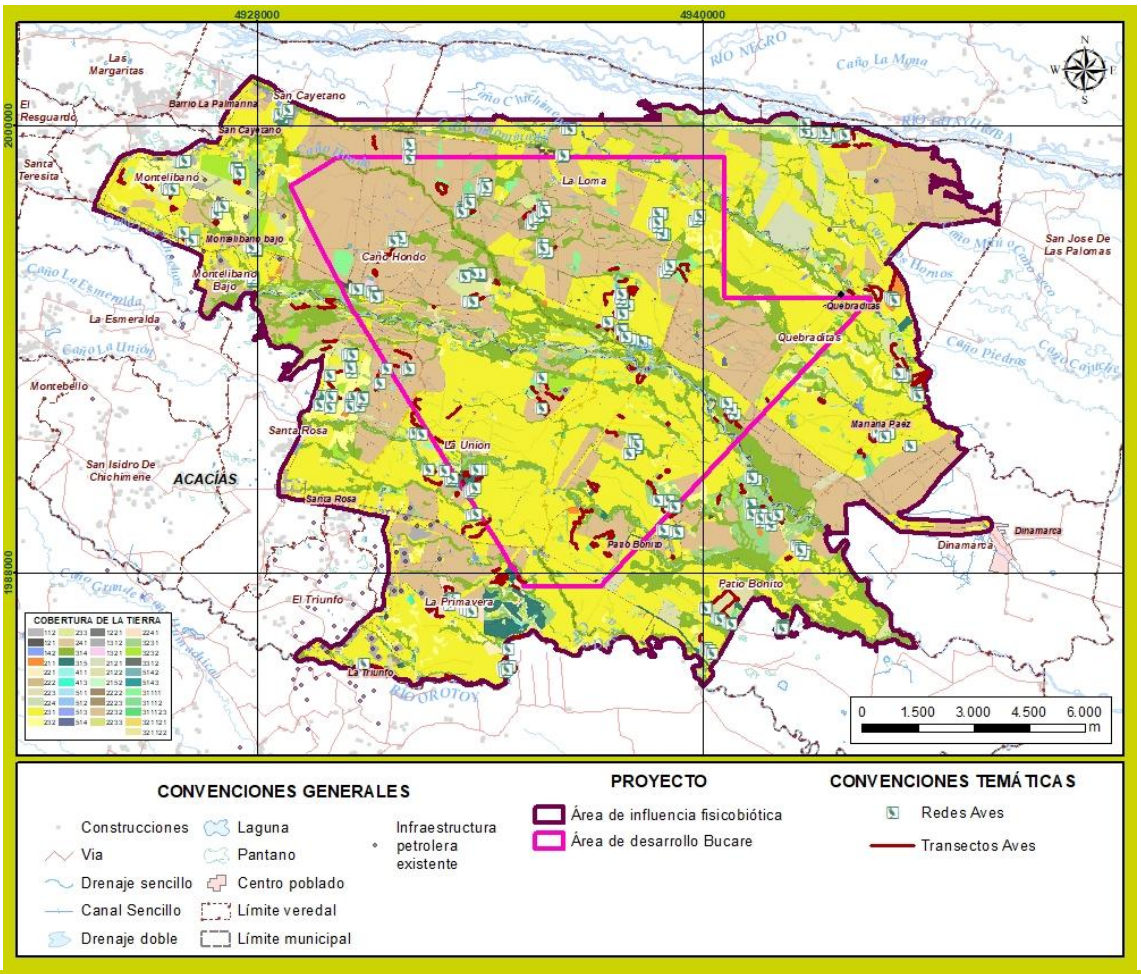


Figura 1-111 Mapa de los sitios de muestreo de avifauna en el área de influencia
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Mamíferos

Para la caracterización de los mamíferos presentes en el área de influencia fisico – biotica se emplearon seis (6) metodologías de muestreo entre las que se incluyen: transectos de observación, redes de niebla, AudioMoth, trampas Sherman, trampas Tomahawk y fototrampeo.

- o Transectos de observación

Para la caracterización de mamíferos, se llevaron a cabo recorridos a pie de forma libre, tanto diurnos como nocturnos en horarios de 8:00 a 12:00 y desde las 17:00 a las 21:00 horas, abarcando las distintas coberturas vegetales presentes en el área de influencia fisico – biotica (**Fotografía 1-42**). Durante estos desplazamientos, se realizaron observaciones directas de individuos y se registraron evidencias indirectas de su presencia, tales como excrementos, hozaderos, huellas, marcas en la corteza de los árboles, comederos, madrigueras, senderos o cualquier otro indicio que señalara la actividad de los animales en la zona.

Al detectar un individuo y/o la evidencia de su presencia, se procedió a la toma de registros fotográficos y escritos, anotando información como el tipo de cobertura, ID del transecto, fecha, especie identificada, número de individuos observados y otras observaciones relevantes. La identificación taxonómica se basó en el conocimiento del auxiliar de campo y en el uso de guías y

referencias especializadas, tales como (Aranda, 2012); (Patton, Pardiñas, & D'elía, 2015); (Sánchez-Londoño, 2014) y (Suárez-Castro A & Ramírez-Chaves, 2014).

En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se muestran las coordenadas de ubicación d e los 216 transectos (TR) realizados para la caracterización de mamíferos. Igualmente, en la **Figura 1-113** se muestra la espacialidad de estos en el área de influencia fisico – biotica.



Fotografía 1-47 Transectos de observación para caracterización de mamíferos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 1-126 Coordenadas de ubicación de los transectos para caracterización de mastofauna en el área de influencia fisico – biotica.

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
MAMÍFEROS	TR-MAM-001	4937789,71	1994541,92	4937407,58	1994521,18	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-002	4941659,09	1989815,87	4941566,02	1989479,64	Vegetación secundaria alta
	TR-MAM-003	4937003,86	1994640,53	4936726,73	1994806,97	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-004	4941595,13	1989361,32	4941685,54	1989294,23	Vegetación secundaria alta
	TR-MAM-005	4938407,36	1994198,02	4938235,73	1994215,63	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-006	4941646,12	1989396,28	4941742,70	1989741,71	Vegetación secundaria alta
	TR-MAM-007	4940694,90	1992319,98	4941170,99	1991745,47	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-008	4929693,03	1992699,73	4929876,29	1992654,99	Vegetación secundaria alta
	TR-MAM-009	4937963,04	1994317,09	4937768,46	1994295,13	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-010	4929995,84	1992643,04	4930005,74	1992525,17	Vegetación secundaria alta
	TR-MAM-011	4938318,63	1994016,22	4938069,36	1994227,32	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-012	4929860,57	1992520,22	4929767,83	1992414,94	Vegetación secundaria alta
	TR-MAM-013	4943080,02	1999786,47	4943473,67	1999924,71	Otros cultivos transitorios
	TR-MAM-014	4943566,58	1996222,62	4943731,03	1996104,82	Otros cultivos transitorios

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-MAM-015	4943473,67	1999925,08	4943108,93	1999876,32	Otros cultivos transitorios
	TR-MAM-016	4945201,71	1995750,92	4945220,85	1995606,96	Otros cultivos transitorios
	TR-MAM-017	4945348,87	1995378,53	4945197,40	1995379,54	Otros cultivos transitorios
	TR-MAM-018	4945087,54	1995686,83	4945124,29	1995724,29	Otros cultivos transitorios
	TR-MAM-019	4933596,37	1990662,05	4933493,64	1990310,00	Plantación forestal
	TR-MAM-020	4934120,89	1995875,20	4933877,59	1996005,58	Plantación forestal
	TR-MAM-021	4933462,87	1990254,41	4933717,55	1990499,72	Plantación forestal
	TR-MAM-022	4933850,96	1996007,25	4933549,33	1996040,98	Plantación forestal
	TR-MAM-023	4933741,89	1990577,63	4933859,63	1990299,82	Plantación forestal
	TR-MAM-024	4933537,68	1996051,68	4933613,79	1995925,65	Plantación forestal
	TR-MAM-025	4932003,03	1996065,14	4931908,70	1996567,98	Palma de aceite
	TR-MAM-026	4933370,14	1995904,65	4933206,20	1995819,49	Maíz
	TR-MAM-027	4931740,63	1996449,87	4931393,75	1996439,24	Palma de aceite
	TR-MAM-028	4933224,77	1995840,85	4933483,73	1996135,51	Maíz
	TR-MAM-029	4932207,79	1998600,32	4932076,19	1998826,41	Palma de aceite
	TR-MAM-030	4933520,72	1996121,30	4933928,52	1996099,28	Maíz
	TR-MAM-031	4943867,20	1999567,94	4943873,25	1999802,37	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-MAM-032	4931505,80	1992868,05	4931887,07	1992958,93	Palma de aceite
	TR-MAM-033	4943871,21	1999788,56	4943691,16	1999630,29	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-MAM-034	4931524,98	1993329,42	4931832,90	1993539,87	Palma de aceite
	TR-MAM-035	4933407,98	1990155,09	4933342,45	1990087,23	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-MAM-036	4935520,72	1993371,27	4935735,62	1993076,09	Palma de aceite
	TR-MAM-037	4937961,12	1995100,52	4937978,21	1995494,61	Pastos limpios
	TR-MAM-038	4933211,71	1990550,07	4933212,25	1990549,15	Mosaico de cultivos
	TR-MAM-039	4937683,59	1995530,46	4937662,46	1995189,40	Pastos limpios
	TR-MAM-040	4933393,17	1990597,40	4933358,50	1990585,75	Mosaico de cultivos
	TR-MAM-041	4940303,74	1985738,09	4939938,14	1986178,46	Pastos limpios
	TR-MAM-042	4933294,58	1990544,32	4933287,57	1990571,22	Mosaico de cultivos
	TR-MAM-043	4926083,23	1998926,81	4925848,93	1998738,78	Pastos enmalezados
	TR-MAM-044	4932857,43	1990310,92	4932581,85	1990348,68	Pastos limpios

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-MAM-045	4925685,67	1998752,59	4925541,19	1998927,12	Pastos enmalezados
	TR-MAM-046	4932567,14	1990336,54	4932604,26	1990521,22	Pastos limpios
	TR-MAM-047	4929879,53	1993205,39	4930221,58	1993287,27	Pastos arbolados
	TR-MAM-048	4932746,38	1990670,76	4933028,47	1990453,06	Pastos limpios
	TR-MAM-049	4925656,04	1997696,22	4925410,05	1997906,19	Pastos limpios
	TR-MAM-050	4932179,24	1991791,14	4932266,60	1992127,91	Pastos limpios
	TR-MAM-051	4925302,67	1997948,05	4925262,63	1998064,84	Pastos limpios
	TR-MAM-052	4932977,32	1991530,39	4932468,60	1991628,72	Pastos limpios
	TR-MAM-053	4926864,69	1997439,99	4927068,87	1997518,02	Pastos enmalezados
	TR-MAM-054	4932952,10	1991955,87	4932950,19	1992394,74	Pastos limpios
	TR-MAM-055	4943624,73	1999742,10	4943440,80	1999714,23	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-MAM-056	4939116,22	1989552,71	4939140,89	1989735,66	Pastos arbolados
	TR-MAM-057	4943439,71	1999720,13	4943501,04	1999543,38	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-MAM-058	4939028,13	1989712,16	4938977,78	1989775,57	Pastos arbolados
	TR-MAM-059	4944410,54	1995661,67	4944464,59	1995505,53	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-MAM-060	4930668,94	1993447,67	4930324,08	1993517,52	Pastos enmalezados
	TR-MAM-061	4937324,11	1994513,05	4937045,59	1994554,67	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-062	4930076,78	1994031,36	4929704,66	1994079,94	Pastos enmalezados
	TR-MAM-063	4937027,59	1994563,39	4936655,29	1994593,85	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-064	4930320,14	1993866,07	4930625,22	1993949,79	Pastos enmalezados
	TR-MAM-065	4939001,92	1995992,95	4939192,06	1996285,08	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-066	4927856,83	1995867,55	4927875,90	1995881,17	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-MAM-067	4939267,05	1996286,63	4939331,63	1996350,85	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-068	4927897,06	1995931,13	4927887,69	1995874,76	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-MAM-069	4939130,40	1996017,09	4939460,47	1995915,03	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-070	4927976,12	1996640,65	4927855,66	1996741,71	Cultivos permanentes arbustivos
	TR-MAM-071	4941457,94	1989583,16	4941371,97	1989631,83	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-072	4941855,97	1989626,01	4941886,54	1989431,56	Pastos arbolados
	TR-MAM-073	4941329,29	1989606,33	4941337,95	1989548,86	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-074	4941896,51	1989413,51	4941978,20	1989314,57	Pastos arbolados

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-MAM-075	4941480,68	1989540,09	4941471,16	1989688,35	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-076	4938905,50	1989655,85	4938779,92	1989969,92	Pastos arbolados
	TR-MAM-077	4938960,38	1989137,85	4939026,12	1988969,49	Cacao
	TR-MAM-078	4934066,83	1998477,38	4934236,52	1998493,90	Bosque denso alto inundable
	TR-MAM-079	4939027,60	1988970,23	4938941,67	1989090,35	Cacao
	TR-MAM-080	4934240,11	1998469,67	4934150,16	1998379,50	Bosque denso alto inundable
	TR-MAM-081	4939244,44	1989061,05	4939255,48	1989253,13	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-MAM-082	4934148,75	1998359,00	4934062,14	1998285,95	Bosque denso alto inundable
	TR-MAM-083	4938930,87	1997666,70	4938935,71	1997641,82	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-MAM-084	4937946,94	1995192,43	4937881,50	1995251,04	Bosque denso alto inundable
	TR-MAM-085	4939703,88	1997457,42	4939892,99	1997595,84	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-MAM-086	4937891,44	1995292,52	4937946,85	1995466,69	Bosque denso alto inundable
	TR-MAM-087	4938826,31	1997301,10	4938644,99	1997363,18	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-MAM-088	4937929,52	1995482,78	4937864,10	1995276,38	Bosque denso alto inundable
	TR-MAM-089	4941301,49	1990585,95	4941295,07	1990574,78	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-MAM-090	4943658,98	1994770,16	4943698,16	1994703,61	Palmares
	TR-MAM-091	4941209,84	1990068,02	4941321,80	1990441,24	Vegetación secundaria alta
	TR-MAM-092	4943702,71	1994668,62	4943723,91	1994599,86	Palmares
	TR-MAM-093	4941437,23	1990473,75	4941469,48	1990443,45	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-MAM-094	4943747,36	1994450,27	4943734,72	1994543,05	Palmares
	TR-MAM-095	4935734,00	1997694,31	4935673,70	1997952,73	Café
	TR-MAM-096	4930671,88	1992450,63	4930951,62	1992913,22	Vegetación secundaria baja
	TR-MAM-097	4935516,73	1998143,18	4935413,61	1998232,41	Café
	TR-MAM-098	4930760,69	1992854,66	4930418,57	1992479,30	Vegetación secundaria baja
	TR-MAM-099	4935589,56	1997545,79	4935585,31	1997550,04	Café
	TR-MAM-100	4942164,89	1986556,73	4942166,40	1986556,02	Palmares
	TR-MAM-101	4935287,98	1997664,21	4935363,49	1997555,46	Café
	TR-MAM-102	4935597,74	1997776,86	4935580,42	1997823,44	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-MAM-103	4935522,88	1997549,30	4935300,67	1997427,18	Café
	TR-MAM-104	4939274,97	1989066,01	4939295,14	1989264,78	Cultivos permanentes arbóreos

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-MAM-105	4935089,20	1997428,81	4935260,83	1997532,18	Café
	TR-MAM-106	4945212,38	1999482,73	4945185,60	1999454,07	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-MAM-107	4936189,50	1999186,25	4936255,35	1999204,80	Cítricos
	TR-MAM-108	4934643,17	1985351,68	4934677,02	1985522,46	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-MAM-109	4944649,93	1991628,28	4944634,13	1991538,07	Zonas pantanosas
	TR-MAM-110	4934840,89	1985486,11	4934834,21	1985404,64	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-MAM-111	4944355,24	1991145,13	4944366,96	1991341,97	Pastos limpios
	TR-MAM-112	4934661,98	1985725,10	4934771,48	1985998,32	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-MAM-113	4944207,51	1991328,26	4944184,18	1991255,32	Zonas pantanosas
	TR-MAM-114	4941802,74	1990011,09	4941818,49	1989911,49	Arenales
	TR-MAM-115	4944386,67	1990630,76	4944389,64	1990649,17	Bosque denso alto inundable
	TR-MAM-116	4930951,58	1985521,78	4930838,73	1985513,15	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-MAM-117	4944531,62	1990834,17	4944458,84	1990987,61	Bosque denso alto inundable
	TR-MAM-118	4931143,98	1985492,71	4931217,56	1985463,73	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-MAM-119	4930090,26	1994216,04	4929969,30	1994214,80	Palmares
	TR-MAM-120	4932943,75	1985138,05	4932870,93	1985196,11	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-MAM-121	4929937,19	1994191,08	4929733,53	1994178,32	Palmares
	TR-MAM-122	4930633,24	1995586,24	4930680,04	1995586,38	Cítricos
	TR-MAM-123	4932738,98	1995140,59	4932745,69	1995139,90	Palmares
	TR-MAM-124	4929404,18	1995142,78	4928991,77	1995149,30	Palma de aceite
	TR-MAM-125	4936882,83	1990481,59	4937142,92	1990269,62	Plantación forestal
	TR-MAM-126	4928772,45	1994893,83	4928778,01	1995024,75	Palma de aceite
	TR-MAM-127	4937145,87	1990243,84	4936900,59	1990366,59	Plantación forestal
	TR-MAM-128	4931214,33	1996114,34	4931209,22	1995960,02	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-MAM-129	4936689,39	1989715,24	4936996,57	1989647,07	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-130	4934372,18	1987981,64	4934489,13	1988044,61	Pastos arbolados
	TR-MAM-131	4936982,23	1989618,85	4936763,49	1989295,95	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-132	4934961,62	1987797,85	4935241,81	1987720,86	Pastos arbolados
	TR-MAM-133	4937090,25	1988950,70	4937275,06	1989001,03	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-134	4935054,62	1987572,47	4934844,04	1987662,49	Pastos arbolados

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-MAM-135	4937448,86	1989089,72	4937676,64	1988890,61	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-136	4935186,95	1986320,83	4935027,91	1986271,14	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-MAM-137	4937069,37	1988687,90	4937145,46	1988793,47	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-138	4938188,68	1993690,22	4938182,14	1993687,31	Arenales
	TR-MAM-139	4936898,82	1988708,74	4936913,98	1988550,44	Bosque denso alto inundable
	TR-MAM-140	4933492,72	1997815,06	4933768,91	1997647,45	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-141	4937348,45	1989006,70	4937386,21	1989030,43	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-142	4933790,91	1997625,15	4933620,25	1997697,65	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-143	4925969,12	1999084,34	4926056,36	1999093,58	Mosaico de cultivos
	TR-MAM-144	4933010,85	1998986,65	4933004,13	1999137,14	Bosque denso alto de tierra firme
	TR-MAM-145	4926046,55	1999091,43	4925985,80	1999062,79	Mosaico de cultivos
	TR-MAM-146	4937367,96	1991817,53	4937647,54	1991694,69	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-147	4926052,25	1998995,25	4925939,70	1999052,34	Mosaico de cultivos
	TR-MAM-148	4938157,45	1993376,64	4938227,87	1993317,59	Pastos limpios
	TR-MAM-149	4924380,51	1998670,59	4924326,14	1998638,81	Zonas pantanosas
	TR-MAM-150	4938017,05	1993565,32	4938083,24	1993524,58	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-151	4924273,65	1998516,61	4924484,50	1998654,37	Zonas pantanosas
	TR-MAM-152	4938577,05	1993148,89	4938211,63	1993227,58	Pastos limpios
	TR-MAM-153	4924565,00	1998758,92	4924658,12	1998878,00	Zonas pantanosas
	TR-MAM-154	4937771,83	1995375,58	4937742,56	1995575,41	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-MAM-155	4945784,63	1992754,39	4945941,88	1993134,43	Arroz
	TR-MAM-156	4937746,32	1995554,99	4937748,66	1995462,55	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-MAM-157	4946009,17	1993212,43	4945953,58	1993354,09	Arroz
	TR-MAM-158	4938000,69	1995645,61	4938058,11	1995497,87	Cultivos permanentes herbáceos
	TR-MAM-159	4946003,02	1993392,61	4945548,94	1993207,31	Arroz
	TR-MAM-160	4937884,97	1995523,85	4937929,42	1995618,48	Herbazal denso inundable no arbolado
	TR-MAM-161	4945576,41	1993191,22	4945675,10	1992852,23	Arroz
	TR-MAM-162	4938952,84	1997079,35	4938860,12	1997067,41	Lagunas, lagos, y ciénagas naturales
	TR-MAM-163	4945432,32	1993278,42	4945419,19	1993284,69	Arroz
	TR-MAM-164	4942544,91	1988679,05	4942724,47	1988588,51	Cacao

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-MAM-165	4945509,18	1993301,27	4945511,06	1993303,21	Arroz
	TR-MAM-166	4942725,76	1988587,41	4942612,88	1988634,70	Cacao
	TR-MAM-167	4945278,08	1993789,72	4945142,72	1994011,67	Arroz
	TR-MAM-168	4944267,16	1991271,81	4944249,91	1991299,29	Zonas pantanosas
	TR-MAM-169	4945290,64	1993787,79	4945517,89	1993357,31	Arroz
	TR-MAM-170	4940757,61	1986655,94	4940558,08	1987016,32	Maíz
	TR-MAM-171	4938087,22	1991246,17	4938081,41	1991111,39	Lagunas, lagos, y ciénagas naturales
	TR-MAM-172	4940607,23	1987049,29	4940957,09	1987241,93	Maíz
	TR-MAM-173	4938044,88	1991090,08	4938173,33	1991192,77	Lagunas, lagos, y ciénagas naturales
	TR-MAM-174	4940868,64	1987338,10	4940530,52	1987428,95	Maíz
	TR-MAM-175	4938414,71	1991372,78	4938329,19	1991279,47	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-176	4940198,00	1986825,42	4940762,69	1986635,48	Maíz
	TR-MAM-177	4938237,49	1991320,08	4938108,20	1991312,99	Palmares
	TR-MAM-178	4940467,23	1987363,77	4940179,88	1986999,74	Maíz
	TR-MAM-179	4938202,22	1991393,76	4938120,57	1991553,48	Zonas pantanosas
	TR-MAM-180	4938513,98	1991514,83	4938445,80	1991621,54	Pastos limpios
	TR-MAM-181	4938772,59	1990556,11	4938757,47	1990576,36	Lagunas, lagos, y ciénagas naturales
	TR-MAM-182	4927415,17	1998848,09	4927428,97	1998473,71	Cultivos agroforestales
	TR-MAM-183	4927507,51	1998782,24	4927515,09	1998450,14	Cultivos agroforestales
	TR-MAM-184	4927424,70	1998901,52	4927432,34	1998982,37	Cultivos agroforestales
	TR-MAM-185	4934575,22	1987665,54	4934538,30	1987775,33	Pastos arbolados
	TR-MAM-186	4934448,54	1987884,32	4934357,79	1987724,22	Pastos arbolados
	TR-MAM-187	4934608,06	1987980,39	4934620,44	1987973,39	Pastos arbolados
	TR-MAM-188	4934396,41	1987656,11	4934215,25	1987625,59	Pastos arbolados
	TR-MAM-189	4941442,53	1990574,07	4941480,43	1990461,65	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-MAM-190	4941302,12	1990567,36	4941442,09	1990513,65	Herbazal denso inundable arbolado
	TR-MAM-191	4941359,88	1990438,21	4941361,37	1990460,86	Bosque de galería y/o ripario
	TR-MAM-192	4945534,90	1991436,60	4945506,76	1991429,15	Yuca
	TR-MAM-193	4944983,05	1991734,18	4944947,90	1991738,40	Yuca
	TR-MAM-194	4944812,67	1991649,06	4944811,62	1991763,78	Yuca

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL				COBERTURA
		COORDENADAS INICIALES		COORDENADAS FINALES		
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
	TR-MAM-195	4943207,43	1992636,93	4943218,28	1992634,93	Maíz
	TR-MAM-196	4940372,10	1992093,72	4940343,93	1992123,91	Arenales
	TR-MAM-197	4940239,49	1989742,12	4940272,89	1989909,13	Vegetación secundaria baja
	TR-MAM-198	4940428,29	1990031,55	4940392,85	1989858,83	Vegetación secundaria baja
	TR-MAM-199	4938676,22	1990181,31	4938607,94	1990415,97	Vegetación secundaria baja
	TR-MAM-200	4928848,30	2000481,02	4928790,09	2000376,25	Cacao
	TR-MAM-201	4928740,35	2000309,57	4928817,08	2000322,80	Cacao
	TR-MAM-202	4928864,18	2000435,51	4928837,19	2000341,32	Cacao
	TR-MAM-203	4928601,18	2000316,45	4928649,34	2000297,93	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-MAM-204	4928650,92	2000201,09	4928709,66	2000161,93	Cultivos permanentes arbóreos
	TR-MAM-205	4943301,46	1998209,83	4943248,54	1997843,65	Pastos enmalezados
	TR-MAM-206	4943227,38	1997695,48	4943491,96	1997824,60	Pastos enmalezados
	TR-MAM-207	4943367,08	1998178,08	4943538,53	1997921,97	Pastos enmalezados
	TR-MAM-208	4943950,88	1998749,33	4944165,19	1998630,27	Pastos enmalezados
	TR-MAM-209	4944126,82	1998763,89	4944322,62	1998623,66	Pastos enmalezados
	TR-MAM-210	4933157,27	1987107,21	4933037,60	1987632,52	Pastos y árboles plantados
	TR-MAM-211	4933052,95	1987629,38	4933334,38	1987248,70	Pastos y árboles plantados
	TR-MAM-212	4933330,31	1987231,76	4933290,21	1987296,61	Pastos y árboles plantados
	TR-MAM-213	4933476,26	1987245,10	4933671,22	1986996,34	Pastos y árboles plantados
	TR-MAM-214	4933682,69	1986992,65	4933767,68	1987111,92	Pastos y árboles plantados
	TR-MAM-215	4933736,41	1987109,56	4933472,21	1987016,38	Pastos y árboles plantados

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Rede de niebla

Para la captura de mamíferos voladores se instalaron 336 redes de niebla con dimensiones de 2.5 m de alto por 12 m de largo y un tamaño de malla de 32 mm, distribuidas en las diferentes coberturas vegetales del área de influencia fisico – biotica.

Las redes permanecieron abiertas desde las 17:00 hasta las 21:00 horas y fueron revisadas a intervalos de 30 minutos, según la eficacia de captura. El manejo de los individuos capturados se realizó siguiendo los lineamientos de la Sociedad Americana de Mastozoología (Sikes R. , 2016).

Una vez realizada la captura, la identificación taxonómica de los individuos se llevó a cabo utilizando las claves y las ilustraciones de (Díaz, Solari, Gregorin, Aguirre, & Barquez, 2021). A continuación, se realizó el registro fotográfico y escrito, documentando datos como el tipo de cobertura, ID de la

red, fecha, especie identificada y otras observaciones pertinentes. Finalmente, el ejemplar fue liberado cerca de la zona de captura.

Es importante destacar, que, para garantizar la seguridad y el bienestar de los ejemplares capturados, se implementaron medidas preventivas durante el proceso de muestreo. En condiciones climáticas adversas, tales como precipitaciones intensas, vientos de alta velocidad o la proximidad de depredadores, las redes de niebla fueron temporalmente cerradas. Estas acciones se tomaron para minimizar el riesgo de estrés, daño físico o mortalidad en los murciélagos, asegurando así que el procedimiento de muestreo no comprometiera la integridad de los individuos ni afectara negativamente a las poblaciones locales.



Fotografía 1-48 Instalación redes de niebla para caracterización de mamíferos
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-49 Captura de mamíferos voladores en redes de niebla
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En la **Tabla 1-127** se encuentran las coordenadas de los puntos donde fueron ubicadas las redes de niebla (RN) para mamíferos voladores. Así mismo, en la **Figura 1-113** se muestra la localización espacial de estas redes de niebla en el área de influencia fisico – biotica.

Tabla 1-127 Coordenadas de ubicación de las redes de niebla para captura de mamíferos en el área de influencia fisico – biotica.

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
MAMÍFEROS	RN-MAM-001	4938475,02	1994144,57	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-002	4941593,20	1989754,21	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-003	4938429,75	1994214,77	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-004	4941596,88	1989726,59	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-005	4938419,77	1994144,44	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-006	4941563,62	1989703,51	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-007	4945350,35	1995377,61	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-008	4941560,23	1989695,12	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-009	4945202,75	1995370,15	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-010	4941534,56	1989709,61	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-011	4945073,15	1995399,23	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-012	4941514,40	1989694,92	Vegetación secundaria alta

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-MAM-013	4945189,31	1995243,34	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-014	4929702,14	1992700,00	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-015	4938423,42	1994012,09	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-016	4929724,33	1992693,90	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-017	4945297,19	1995741,52	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-018	4929743,15	1992709,33	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-019	4933468,78	1990408,51	Plantación forestal
	RN-MAM-020	4929761,17	1992700,78	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-021	4933507,23	1990490,95	Plantación forestal
	RN-MAM-022	4929780,73	1992707,35	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-023	4933549,46	1990568,24	Plantación forestal
	RN-MAM-024	4929798,31	1992708,55	Vegetación secundaria alta
	RN-MAM-025	4933584,06	1990583,69	Plantación forestal
	RN-MAM-026	4943594,10	1996230,53	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-027	4933439,19	1990353,54	Plantación forestal
	RN-MAM-028	4943611,51	1996228,29	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-029	4933491,53	1990307,04	Plantación forestal
	RN-MAM-030	4943615,39	1996226,82	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-031	4932173,35	1998655,25	Palma de aceite
	RN-MAM-032	4943626,95	1996224,04	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-033	4932239,44	1998558,30	Palma de aceite
	RN-MAM-034	4943639,14	1996225,74	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-035	4932312,53	1998545,53	Palma de aceite
	RN-MAM-036	4943645,22	1996225,18	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-037	4932078,79	1998726,64	Palma de aceite
	RN-MAM-038	4933943,05	1995981,22	Plantación forestal
	RN-MAM-039	4932040,39	1998904,25	Palma de aceite
	RN-MAM-040	4933922,25	1995967,28	Plantación forestal
	RN-MAM-041	4931916,78	1999034,14	Palma de aceite
	RN-MAM-042	4933947,31	1995997,61	Plantación forestal
	RN-MAM-043	4933367,35	1990160,99	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-044	4933938,05	1996010,84	Plantación forestal
	RN-MAM-045	4933387,01	1990130,07	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-046	4933956,63	1996019,00	Plantación forestal
	RN-MAM-047	4933367,60	1990086,44	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-048	4933972,51	1996015,39	Plantación forestal
	RN-MAM-049	4933418,54	1990134,96	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-050	4931878,38	1993200,21	Palma de aceite

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-MAM-051	4933394,77	1990102,44	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-052	4931893,93	1993204,80	Palma de aceite
	RN-MAM-053	4933368,48	1990064,38	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-054	4931906,53	1993202,41	Palma de aceite
	RN-MAM-055	4940294,00	1985718,58	Pastos limpios
	RN-MAM-056	4931867,28	1993192,09	Palma de aceite
	RN-MAM-057	4940202,68	1985818,22	Pastos limpios
	RN-MAM-058	4931851,75	1993184,22	Palma de aceite
	RN-MAM-059	4940111,23	1985929,21	Pastos limpios
	RN-MAM-060	4931841,97	1993176,82	Palma de aceite
	RN-MAM-061	4940010,72	1986039,35	Pastos limpios
	RN-MAM-062	4933258,12	1990535,12	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-063	4939939,99	1986138,58	Pastos limpios
	RN-MAM-064	4933258,66	1990512,10	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-065	4939874,52	1986204,35	Pastos limpios
	RN-MAM-066	4933266,87	1990509,95	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-067	4929915,66	1993173,10	Pastos arbolados
	RN-MAM-068	4933266,36	1990488,57	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-069	4929978,29	1993173,58	Pastos arbolados
	RN-MAM-070	4933276,76	1990474,15	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-071	4930030,41	1993186,42	Pastos arbolados
	RN-MAM-072	4933263,40	1990459,18	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-073	4930096,45	1993215,77	Pastos arbolados
	RN-MAM-074	4933773,29	1989043,78	Pastos limpios
	RN-MAM-075	4930141,30	1993232,12	Pastos arbolados
	RN-MAM-076	4933756,94	1989072,32	Pastos limpios
	RN-MAM-077	4930190,33	1993246,97	Pastos arbolados
	RN-MAM-078	4933766,25	1989101,21	Pastos limpios
	RN-MAM-079	4926870,55	1997362,64	Pastos enmalezados
	RN-MAM-080	4933776,36	1989151,94	Pastos limpios
	RN-MAM-081	4926829,65	1997381,39	Pastos enmalezados
	RN-MAM-082	4933739,83	1989183,06	Pastos limpios
	RN-MAM-083	4926816,41	1997414,88	Pastos enmalezados
	RN-MAM-084	4933697,98	1989179,21	Pastos limpios
	RN-MAM-085	4926831,20	1997456,59	Pastos enmalezados
	RN-MAM-086	4939164,48	1989652,39	Pastos arbolados
	RN-MAM-087	4926845,92	1997491,76	Pastos enmalezados
	RN-MAM-088	4939105,43	1989653,88	Pastos arbolados

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-MAM-089	4926869,08	1997491,11	Pastos enmalezados
	RN-MAM-090	4939058,21	1989660,63	Pastos arbolados
	RN-MAM-091	4944413,44	1995476,32	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-092	4938978,17	1989681,75	Pastos arbolados
	RN-MAM-093	4944495,01	1995489,72	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-094	4939034,93	1989679,42	Pastos arbolados
	RN-MAM-095	4944549,31	1995493,56	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-096	4939009,30	1989694,85	Pastos arbolados
	RN-MAM-097	4944328,76	1995506,97	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-098	4930101,09	1993432,11	Pastos enmalezados
	RN-MAM-099	4944323,47	1995576,64	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-100	4930122,73	1993422,89	Pastos enmalezados
	RN-MAM-101	4944329,47	1995642,95	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-102	4930149,84	1993409,87	Pastos enmalezados
	RN-MAM-103	4939140,10	1995980,49	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-104	4930179,56	1993409,08	Pastos enmalezados
	RN-MAM-105	4939066,40	1995984,11	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-106	4930205,18	1993425,71	Pastos enmalezados
	RN-MAM-107	4938979,19	1995987,27	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-108	4930225,29	1993420,13	Pastos enmalezados
	RN-MAM-109	4938931,41	1996024,16	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-110	4934077,55	1998461,97	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-111	4938926,74	1996078,90	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-112	4934086,77	1998452,97	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-113	4938983,95	1996113,22	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-114	4934092,43	1998436,54	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-115	4941002,62	1989336,04	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-116	4934104,11	1998435,33	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-117	4941011,45	1989265,14	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-118	4934116,71	1998439,39	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-119	4941005,61	1989233,35	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-120	4934123,36	1998441,38	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-121	4941012,25	1989139,34	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-122	4937821,06	1995298,59	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-123	4941011,81	1989099,31	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-124	4937828,64	1995306,88	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-125	4941034,26	1989086,87	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-126	4937814,54	1995302,95	Bosque denso alto inundable

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-MAM-127	4938750,04	1990090,97	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-128	4937809,67	1995314,15	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-129	4938711,45	1990137,80	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-130	4937820,16	1995316,85	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-131	4938679,04	1990181,53	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-132	4937809,88	1995325,68	Bosque denso alto inundable
	RN-MAM-133	4938670,44	1990271,27	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-134	4930508,38	1992451,69	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-135	4938647,84	1990330,51	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-136	4930514,13	1992475,26	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-137	4938611,59	1990400,14	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-138	4930501,38	1992492,02	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-139	4939267,50	1989247,78	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-140	4930523,42	1992498,18	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-141	4939305,40	1989219,21	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-142	4930539,39	1992499,24	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-143	4939303,33	1989180,35	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-144	4930549,22	1992515,56	Vegetación secundaria baja
	RN-MAM-145	4939240,67	1989192,79	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-146	4928588,62	2000254,61	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-147	4939286,64	1989136,50	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-148	4928704,22	2000202,40	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-149	4939321,96	1989089,37	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-150	4928734,15	2000231,38	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-151	4938804,90	1997299,94	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-152	4928711,36	2000253,76	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-153	4938761,41	1997356,45	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-154	4928606,95	2000304,66	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-155	4938720,79	1997386,08	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-156	4928594,05	2000294,20	Cultivos permanentes arbóreos
	RN-MAM-157	4939719,91	1997415,55	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-158	4934762,86	1985428,34	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-159	4939773,08	1997486,49	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-160	4934760,49	1985457,22	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-161	4939848,48	1997536,58	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-162	4934759,88	1985483,50	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-163	4942144,46	1986509,75	Palmares
	RN-MAM-164	4934788,17	1985467,11	Herbazal denso inundable no arbolado

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-MAM-165	4942138,45	1986492,81	Palmares
	RN-MAM-166	4934794,65	1985436,26	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-167	4942148,93	1986527,01	Palmares
	RN-MAM-168	4934782,74	1985412,25	Herbazal denso inundable no arbolado
	RN-MAM-169	4942109,74	1986520,48	Palmares
	RN-MAM-170	4933038,62	1985245,76	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-171	4942110,56	1986505,90	Palmares
	RN-MAM-172	4933042,40	1985215,31	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-173	4942113,90	1986532,03	Palmares
	RN-MAM-174	4933017,82	1985233,94	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-175	4935582,53	1997539,57	Café
	RN-MAM-176	4933094,37	1985251,51	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-177	4935481,66	1997541,84	Café
	RN-MAM-178	4933146,75	1985246,55	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-179	4935452,76	1997472,25	Café
	RN-MAM-180	4933197,82	1985253,57	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-181	4935393,01	1997456,55	Café
	RN-MAM-182	4930650,95	1995604,63	Cítricos
	RN-MAM-183	4935353,78	1997423,12	Café
	RN-MAM-184	4930669,86	1995603,74	Cítricos
	RN-MAM-185	4935282,22	1997464,83	Café
	RN-MAM-186	4930687,38	1995609,11	Cítricos
	RN-MAM-187	4936192,49	1999195,68	Cítricos
	RN-MAM-188	4930656,96	1995592,43	Cítricos
	RN-MAM-189	4936218,97	1999181,93	Cítricos
	RN-MAM-190	4930676,29	1995599,10	Cítricos
	RN-MAM-191	4936247,48	1999205,45	Cítricos
	RN-MAM-192	4930693,53	1995598,58	Cítricos
	RN-MAM-193	4936247,98	1999176,42	Cítricos
	RN-MAM-194	4932994,42	1986935,52	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-195	4936256,53	1999159,98	Cítricos
	RN-MAM-196	4932969,89	1986882,39	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-197	4936255,28	1999139,45	Cítricos
	RN-MAM-198	4933014,40	1986935,95	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-199	4932726,33	1995144,45	Palmares
	RN-MAM-200	4932985,28	1986878,33	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-201	4932735,14	1995138,99	Palmares
	RN-MAM-202	4932919,31	1986835,33	Pastos y árboles plantados

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-MAM-203	4932744,22	1995135,56	Palmares
	RN-MAM-204	4932940,29	1986831,34	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-205	4932730,56	1995157,37	Palmares
	RN-MAM-206	4933525,09	1997811,90	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-207	4932754,20	1995137,47	Palmares
	RN-MAM-208	4933540,81	1997820,37	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-209	4932756,46	1995138,65	Palmares
	RN-MAM-210	4933549,00	1997830,53	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-211	4926050,58	1999119,14	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-212	4933560,00	1997835,62	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-213	4926053,44	1999071,41	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-214	4933572,38	1997834,70	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-215	4926051,87	1999033,04	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-216	4933580,65	1997828,32	Bosque denso alto de tierra firme
	RN-MAM-217	4925996,85	1999007,89	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-218	4937785,91	1995292,95	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-219	4925971,48	1999032,77	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-220	4937779,61	1995317,14	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-221	4925977,72	1999072,88	Mosaico de cultivos
	RN-MAM-222	4937761,68	1995331,44	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-223	4924455,44	1998581,98	Zonas pantanosas
	RN-MAM-224	4937742,50	1995335,42	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-225	4924444,18	1998592,30	Zonas pantanosas
	RN-MAM-226	4937733,57	1995320,66	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-227	4924425,62	1998595,31	Zonas pantanosas
	RN-MAM-228	4937736,21	1995301,94	Cultivos permanentes herbáceos
	RN-MAM-229	4924354,67	1998532,77	Zonas pantanosas
	RN-MAM-230	4938947,15	1997072,85	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-231	4924376,57	1998552,42	Zonas pantanosas
	RN-MAM-232	4938932,53	1997075,53	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-233	4924390,61	1998565,14	Zonas pantanosas
	RN-MAM-234	4938911,61	1997077,62	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-235	4938780,70	1990548,96	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-236	4938904,04	1997096,67	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-237	4938827,88	1990575,63	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-238	4938894,04	1997110,21	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-239	4938845,46	1990589,63	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-240	4938882,20	1997121,79	Lagunas lagos y ciénagas naturales

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-MAM-241	4938849,55	1990606,04	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-242	4942597,77	1988609,22	Cacao
	RN-MAM-243	4938825,26	1990617,95	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-244	4942621,53	1988653,61	Cacao
	RN-MAM-245	4938814,44	1990625,95	Lagunas lagos y ciénagas naturales
	RN-MAM-246	4942631,68	1988631,10	Cacao
	RN-MAM-247	4927504,16	1998809,62	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-248	4942679,36	1988618,09	Cacao
	RN-MAM-249	4927504,15	1998762,14	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-250	4942634,47	1988601,13	Cacao
	RN-MAM-251	4927507,74	1998715,00	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-252	4942680,08	1988586,63	Cacao
	RN-MAM-253	4927511,99	1998646,65	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-254	4928854,47	2000460,86	Cacao
	RN-MAM-255	4927509,20	1998593,39	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-256	4928849,71	2000449,75	Cacao
	RN-MAM-257	4927514,90	1998548,09	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-258	4928846,53	2000441,81	Cacao
	RN-MAM-259	4933853,20	1986924,15	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-260	4928838,06	2000326,98	Cacao
	RN-MAM-261	4933895,83	1986972,06	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-262	4928832,24	2000316,93	Cacao
	RN-MAM-263	4933851,68	1987005,18	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-264	4928826,95	2000308,46	Cacao
	RN-MAM-265	4933567,24	1987140,55	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-266	4938469,56	1994153,06	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-267	4933529,85	1987170,34	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-268	4938459,51	1994165,76	Bosque de galería y/o ripario
	RN-MAM-269	4933477,35	1987142,62	Pastos y árboles plantados
	RN-MAM-270	4927421,64	1998787,74	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-271	4935865,69	1996715,31	Café
	RN-MAM-272	4927422,63	1998782,12	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-273	4935873,63	1996708,96	Café
	RN-MAM-274	4927422,96	1998775,17	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-275	4935887,91	1996702,08	Café
	RN-MAM-276	4927428,58	1998826,43	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-277	4936037,67	1996668,74	Café
	RN-MAM-278	4927434,20	1998829,74	Cultivos agroforestales

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-MAM-279	4936042,43	1996677,21	Café
	RN-MAM-280	4927440,82	1998832,06	Cultivos agroforestales
	RN-MAM-281	4936053,01	1996688,85	Café
	RN-MAM-282	4927845,75	1995870,17	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-283	4945344,46	1993715,21	Arroz
	RN-MAM-284	4927844,90	1995871,86	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-285	4945328,59	1993728,97	Arroz
	RN-MAM-286	4927844,05	1995874,19	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-287	4945302,13	1993749,08	Arroz
	RN-MAM-288	4927851,17	1995898,35	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-289	4945369,78	1993641,29	Arroz
	RN-MAM-290	4927853,18	1995899,19	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-291	4945387,77	1993637,06	Arroz
	RN-MAM-292	4927856,25	1995899,83	Cultivos permanentes arbustivos
	RN-MAM-293	4945411,05	1993637,06	Arroz
	RN-MAM-294	4933313,11	1985210,71	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-295	4945629,63	1993248,18	Arroz
	RN-MAM-296	4933309,40	1985212,83	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-297	4945631,74	1993214,32	Arroz
	RN-MAM-298	4933304,38	1985213,35	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-299	4945627,51	1993174,10	Arroz
	RN-MAM-300	4933281,89	1985215,74	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-301	4945631,48	1993086,34	Arroz
	RN-MAM-302	4933276,07	1985213,35	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-303	4945657,67	1993085,54	Arroz
	RN-MAM-304	4933266,28	1985213,88	Herbazal denso inundable arbolado
	RN-MAM-305	4945683,87	1993087,92	Arroz
	RN-MAM-306	4945357,68	1995403,01	Otros cultivos transitorios
	RN-MAM-307	4944202,18	1991316,02	Zonas pantanosas
	RN-MAM-308	4944202,61	1991314,22	Zonas pantanosas
	RN-MAM-309	4944204,62	1991311,79	Zonas pantanosas
	RN-MAM-310	4944257,62	1991283,66	Zonas pantanosas
	RN-MAM-311	4944256,77	1991281,33	Zonas pantanosas
	RN-MAM-312	4944255,82	1991278,58	Zonas pantanosas
	RN-MAM-313	4933469,22	1996098,81	Maíz
	RN-MAM-314	4933471,76	1996097,75	Maíz
	RN-MAM-315	4933475,15	1996096,90	Maíz
	RN-MAM-316	4933435,99	1996111,08	Maíz

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	RN-MAM-317	4933433,66	1996110,66	Maíz
	RN-MAM-318	4933429,85	1996110,66	Maíz
	RN-MAM-319	4940895,22	1987251,52	Maíz
	RN-MAM-320	4940892,44	1987241,60	Maíz
	RN-MAM-321	4940889,66	1987229,29	Maíz
	RN-MAM-322	4944974,02	1991736,39	Yuca
	RN-MAM-323	4944971,90	1991728,98	Yuca
	RN-MAM-324	4944970,32	1991723,16	Yuca
	RN-MAM-325	4944949,85	1991640,99	Yuca
	RN-MAM-326	4944944,56	1991641,42	Yuca
	RN-MAM-327	4944937,78	1991641,63	Yuca
	RN-MAM-328	4940909,84	1987277,83	Maíz
	RN-MAM-329	4940917,78	1987280,48	Maíz
	RN-MAM-330	4940930,35	1987278,49	Maíz
	RN-MAM-331	4945410,58	1991385,55	Yuca
	RN-MAM-332	4945419,58	1991387,66	Yuca
	RN-MAM-333	4945429,63	1991390,84	Yuca
	RN-MAM-334	4945497,37	1991420,47	Yuca
	RN-MAM-335	4945502,66	1991422,59	Yuca
	RN-MAM-336	4945506,76	1991429,15	Yuca

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Audiomoth

Para complementar el estudio de la riqueza de mamíferos voladores, se empleó el dispositivo AudioMoth como método de muestreo acústico, con el objetivo de captar señales ultra sonoras que permitieran identificar taxonómicamente a los murciélagos (Hill, et al., 2017). El AudioMoth es un dispositivo que utiliza un microcontrolador de bajo consumo y un micrófono de sistemas microelectromecánicos (MEMS) para realizar un análisis acústico en tiempo real, detectando las señales emitidas por los murciélagos durante su ecolocalización (Hill, et al., 2017) (**Figura 1-112**).

Antes del trabajo de campo, el dispositivo fue actualizado a la versión más reciente (1.10.1) y configurado con precisión para garantizar la calidad de los datos. La programación incluyó la sincronización de fecha y hora, la asignación de un ID de cobertura y un ID de grabación, una tasa de muestreo de 384 kHz, ganancia alta que conto con grabaciones con una duración de un (1) minuto registradas en intervalos de 20 minutos; la salida de los archivos auditivos es formato WAV y se estableció un horario de grabación desde las 17:30 hasta las 5:30 horas, cubriendo el periodo de actividad de los murciélagos.

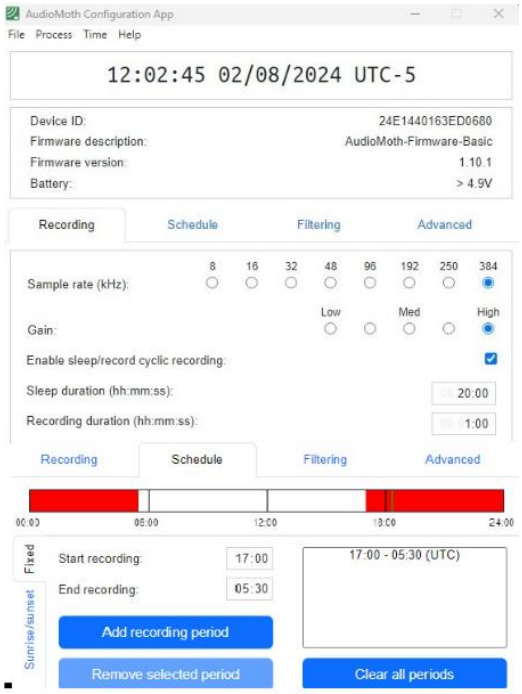


Figura 1-112 Configuración del software del AudioMoth para el registro acústico en campo
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En campo se instalaron equipos de grabación de alta frecuencia de la marca AudioMoth para 25 coberturas vegetales evaluadas; la instalación se realizó a nivel del dosel de los árboles, permaneciendo activo durante una noche en cada cobertura vegetal del área de influencia fisico – biotica (**Fotografía 1-50**). La selección de los puntos de instalación se basó en los rasgos ecológicos y comportamentales de los murciélagos, teniendo en cuenta áreas de percha, alimentación, rutas de vuelo y refugios, asegurando una cobertura efectiva de los distintos hábitats utilizados por las especies locales (Martinez-Medina, et al., 2021).

Al finalizar el periodo de muestreo, se desinstaló el dispositivo y extrajeron las grabaciones para su análisis acústico posterior. En los casos en que se capturaron murciélagos insectívoros, se intentó registrar sus señales de ecolocalización al liberarlos, siguiendo la metodología propuesta por Martínez-Medina (2021). Este procedimiento permitió obtener datos adicionales sobre la frecuencia y estructura de las llamadas de ecolocalización, que permite realizar aproximaciones taxonómicas sobre las especies de murciélagos en área de influencia fisico – biotica.



Fotografía 1-50 AudioMoth para el registro acústico de mamíferos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En la **Tabla 1-128** se encuentran las coordenadas de los puntos donde fueron ubicados los AudioMoths (AUD) para mamíferos voladores. Así mismo, en la **Figura 1-113,** se muestra la localización espacial de estos dispositivos en el área de influencia fisico – biotica.

Tabla 1-128 Coordenadas de ubicación de las AudioMoth para identificación de mamíferos en el área de influencia fisico – biotica.

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADA PLANASS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
MAMÍFEROS	AU-MAM-01	4930993,63	1995447,07	Otros cultivos transitorios
	AU-MAM-02	4941807,90	1989647,47	Vegetación secundaria alta
	AU-MAM-03	4938430,20	1994061,91	Bosque de galería
	AU-MAM-04	4934181,77	1995458,85	Maíz
	AU-MAM-05	4934361,09	1995784,42	Plantación forestal
	AU-MAM-06	4931297,77	1992868,21	Palma de aceite
	AU-MAM-07	4933366,42	1990159,52	Cultivos permanentes arbustivos
	AU-MAM-08	4933255,40	1990470,06	Mosaico de cultivos
	AU-MAM-09	4937921,71	1995076,61	Pastos limpios
	AU-MAM-10	4939096,49	1989545,28	Pastos arbolados
	AU-MAM-11	4925716,42	1997792,90	Pastos enmalezados
	AU-MAM-12	4934043,13	1998339,52	Bosque denso alto inundable
	AU-MAM-13	4944476,32	1995495,86	Cultivos permanentes herbáceos
	AU-MAM-14	4928830,84	2000387,89	Cacao
	AU-MAM-15	4938955,06	1996007,27	Bosque denso alto de tierra firme
	AU-MAM-16	4930917,57	1985569,59	Herbazal denso inundable arbolado
	AU-MAM-17	4938674,58	1990209,30	Vegetación secundaria baja

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADA PLANASS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	AU-MAM-18	4930645,02	1995600,03	Cítricos
	AU-MAM-19	4938815,84	1997671,11	Herbazal denso inundable no arbolado
	AU-MAM-20	4931213,94	1996081,19	Zonas pantanosas
	AU-MAM-21	4939287,90	1989234,38	Cultivos permanentes arbóreos
	AU-MAM-22	4933591,93	1987058,66	Pastos y árboles plantados
	AU-MAM-23	4935595,69	1997959,41	Café
	AU-MAM-24	4932754,10	1995132,36	Palmares
	AU-MAM-25	4938791,75	1990559,08	Lagunas, lagos, y ciénagas naturales

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Trampas Sherman

Para la captura de pequeños mamíferos no voladores, se utilizaron 40 trampas Sherman cebadas con una mezcla de avena en hojuelas, manteca, maíz, mantequilla de maní y esencia de vainilla. Las trampas se dispusieron en intervalos de aproximadamente 10 metros entre sí, cubiertas con hojarasca para evitar reflejos que pudieran ahuyentar a los animales (**Fotografía 1-50**).

La ubicación de las estaciones se seleccionó en áreas con disponibilidad de recursos alimenticios, proximidad a cuerpos de agua y rutas de tránsito animal. Así mismo, las trampas fueron inspeccionadas diariamente y recebadas cuando fue necesario. El manejo de los especímenes capturados siguió los lineamientos de la Sociedad Americana de Mastozoología (Sikes & Gannon, 2011). Una vez liberado el individuo de la trampa, se procedió a la toma de medidas morfométricas como longitud total, longitud de la cola, longitud de la pata posterior derecha y longitud de la oreja. Además, se realizó su registro fotográfico y la identificación taxonómica utilizando claves e ilustraciones de algunos autores: (Flórez-Oliveros & Vivas-Serna, 2020), (Patton, Pardiñas, & D'elía, 2015) y (Villalobos-Chaves, Ramírez-Fernández, Chacón-Madrigal, Pineda-Lizano, & Rodríguez-Herrera, 2016) . Así mismo, se registraron datos como tipo de cobertura, ID de la trampa, fecha, especie identificada y otras observaciones relevantes. Finalmente, los individuos fueron liberados en las cercanías del sitio de captura.



Fotografía 1-51 Trampa Sherman para la captura de pequeños mamíferos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En la **Tabla 1-129** se encuentran las coordenadas de los puntos de las estaciones donde fueron ubicadas las trampas Sherman (TTS) para mamíferos pequeños. Así mismo, en la **Figura 1-113** se muestra la localización espacial de estas trampas en el área de influencia físico – biótica.

Tabla 1-129 Coordenadas de ubicación de las Trampas Sherman para captura de mamíferos en el área de influencia físico – biótica.

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
MAMÍFEROS	TTS-MAM-01	4937485,36	1994750,02	Bosque de galería y/o ripario
	TTS-MAM-02	4941648,72	1989812,92	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-03	4937481,30	1994747,75	Bosque de galería y/o ripario
	TTS-MAM-04	4941648,35	1989816,05	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-05	4937478,13	1994745,37	Bosque de galería y/o ripario
	TTS-MAM-06	4941644,32	1989819,52	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-07	4937474,69	1994742,99	Bosque de galería y/o ripario
	TTS-MAM-08	4941645,58	1989806,66	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-09	4937472,84	1994740,08	Bosque de galería y/o ripario
	TTS-MAM-10	4941641,51	1989807,03	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-11	4937434,21	1994700,66	Bosque de galería y/o ripario
	TTS-MAM-12	4941649,46	1989806,30	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-13	4937433,15	1994697,22	Bosque de galería y/o ripario
	TTS-MAM-14	4941651,30	1989803,32	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-15	4937431,30	1994692,98	Bosque de galería y/o ripario
	TTS-MAM-16	4941651,46	1989801,68	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-17	4937433,68	1994688,22	Bosque de galería y/o ripario
	TTS-MAM-18	4941638,08	1989812,49	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-19	4937436,32	1994683,72	Bosque de galería y/o ripario

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	TTS-MAM-20	4941634,69	1989814,66	Vegetación secundaria alta
	TTS-MAM-21	4941471,03	1989498,39	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-22	4941473,13	1989495,47	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-23	4941476,53	1989492,55	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-24	4941472,90	1989489,37	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-25	4941474,11	1989487,02	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-26	4941472,75	1989484,67	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-27	4941475,37	1989482,91	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-28	4941472,77	1989479,45	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-29	4941477,04	1989478,91	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-30	4941478,17	1989476,43	Bosque denso alto de tierra firme
	TTS-MAM-31	4934009,07	1998344,67	Bosque denso alto inundable
	TTS-MAM-32	4934013,18	1998344,15	Bosque denso alto inundable
	TTS-MAM-33	4934004,12	1998339,18	Bosque denso alto inundable
	TTS-MAM-34	4934009,11	1998340,46	Bosque denso alto inundable
	TTS-MAM-35	4934004,12	1998351,52	Bosque denso alto inundable
	TTS-MAM-36	4934010,42	1998357,41	Bosque denso alto inundable
	TTS-MAM-37	4934006,34	1998355,39	Bosque denso alto inundable
	TTS-MAM-38	4934013,00	1998348,94	Bosque denso alto inundable
	TTS-MAM-39	4934013,69	1998367,32	Bosque denso alto inundable
	TTS-MAM-40	4934009,51	1998374,50	Bosque denso alto inundable

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Trampas Tomahawk

Para la captura de medianos mamíferos no voladores, se utilizaron cuatro (4) trampas cebadas con sardinas y una mezcla de avena en hojuelas, manteca, maíz, mantequilla de maní y esencia de vainilla. Una vez cebadas se cubrieron con hojarasca para evitar reflejos que pudieran ahuyentar a los animales.

La ubicación de las estaciones se seleccionó en áreas con disponibilidad de recursos alimenticios, proximidad a cuerpos de agua y rutas de tránsito animal (**Fotografía 1-52**). Así mismo, las trampas fueron inspeccionadas diariamente y recebadas cuando fue necesario. El manejo de los especímenes capturados siguió los lineamientos de la Sociedad Americana de Mastozoología (Sikes & Gannon, 2011). Una vez liberado el individuo de la trampa, se realizó su registro fotográfico y la identificación taxonómica utilizando claves e ilustraciones de algunos autores: (Flórez-Oliveros & Vivas-Serna, 2020), (Patton, Pardiñas, & D'elía, 2015) y (Villalobos-Chaves, Ramírez-Fernández, Chacón-Madrigal, Pineda-Lizano, & Rodríguez-Herrera, 2016). Así mismo, se registraron datos como tipo de cobertura, ID de la trampa, fecha, especie identificada y otras observaciones relevantes.



Fotografía 1-52 Trampa Tomahawk para la captura de pequeños mamíferos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En la **Tabla 1-130** se encuentran las coordenadas de los puntos de las estaciones donde fueron ubicadas las trampas Tomahawk (TTH) para mamíferos pequeños. Así mismo, en la **Figura 1-113** se muestra la localización espacial de estas trampas en el área de influencia físico – biótica.

Tabla 1-130 Coordenadas de ubicación de las Trampas Tomahawk para captura de mamíferos en el área de influencia físico – biótica.

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADA PLANASS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
MAMÍFEROS	TTH-MAM-01	4937806,90	1994612,97	Bosque de galería y/o ripario
	TTH-MAM-02	4941642,07	1989819,01	Vegetación secundaria alta
	TTH-MAM-03	4933682,31	1997679,07	Bosque denso alto de tierra firme
	TTH-MAM-04	4934013,00	1998348,94	Bosque denso alto inundable

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Cámaras trampa

Las cámaras trampa son una técnica ampliamente utilizada en la realización de inventarios faunísticos y en la detección de especies elusivas o amenazadas. Su aplicación incluye la estimación de la abundancia relativa, así como de parámetros como la densidad, supervivencia y reclutamiento de especies identificables. Además, son útiles en el desarrollo de modelos de ocupación, estudios sobre el uso del hábitat, análisis de dieta y patrones de actividad, así como en la evaluación de presiones antrópicas, como la caza (Vila, et al., 2016).

Con base en lo anterior, se instalaron 24 cámaras trampa en diferentes ubicaciones estratégicas del área de influencia físico – biótica, seleccionadas específicamente por su potencial para detectar mamíferos. Estas cámaras se dispusieron cerca de rastros, senderos utilizados por los animales, accesos a fuentes de agua y comederos (**Fotografía 1-53**), esto permitió documentar los mamíferos medianos y grandes en ambas áreas. Estas cámaras se configuraron en formato video con grabaciones de duración de 15 segundos tras cada activación; los lugares de instalación de las cámaras se cebaron con sardinas, maíz y/o frutas maduras con el fin de optimizar la eficacia del muestreo, favoreciendo así su detección.



Fotografía 1-53 Instalación de cámaras trampa para mamíferos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En la **Tabla 1-131** se encuentran las coordenadas de los puntos de las estaciones donde fueron ubicadas las cámaras trampa (CT) para mamíferos medianos y grandes. Así mismo, en la **Figura 1-113** se muestra la localización espacial de estas cámaras en el área de influencia físico – biótica.

Tabla 1-131 Coordenadas de ubicación de las cámaras trampa para captura de mamíferos en el área de influencia físico – biótica.

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
MAMÍFEROS	CT-MAM-01	4937690,37	1994606,97	Bosque de galería y/o ripario
	CT-MAM-02	4941603,57	1989779,80	Vegetación secundaria alta
	CT-MAM-03	4937095,23	1994671,47	Bosque de galería y/o ripario
	CT-MAM-04	4941551,78	1989480,39	Vegetación secundaria alta
	CT-MAM-05	4938451,99	1994103,57	Bosque de galería y/o ripario
	CT-MAM-06	4941537,27	1989351,72	Vegetación secundaria alta
	CT-MAM-07	4940736,67	1992302,92	Bosque de galería y/o ripario
	CT-MAM-08	4929849,89	1992714,32	Vegetación secundaria alta
	CT-MAM-09	4941181,07	1991753,16	Bosque de galería y/o ripario
	CT-MAM-10	4929708,88	1992467,54	Vegetación secundaria alta
	CT-MAM-11	4941469,51	1991446,49	Bosque de galería y/o ripario
	CT-MAM-12	4929893,63	1992526,18	Vegetación secundaria alta
	CT-MAM-13	4939026,74	1996092,80	Bosque denso alto de tierra firme
	CT-MAM-14	4934175,69	1998524,32	Bosque denso alto inundable
	CT-MAM-15	4939159,61	1996209,29	Bosque denso alto de tierra firme
	CT-MAM-16	4934248,15	1998466,08	Bosque denso alto inundable
	CT-MAM-17	4939266,86	1995896,70	Bosque denso alto de tierra firme
	CT-MAM-18	4934080,65	1998285,72	Bosque denso alto inundable

GRUPO TAXONÓMICO	ID DEL MUESTREO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		COBERTURA
		ESTE	NORTE	
	CT-MAM-19	4941370,56	1989629,62	Bosque denso alto de tierra firme
	CT-MAM-20	4937917,15	1995204,36	Bosque denso alto inundable
	CT-MAM-21	4941392,03	1989527,53	Bosque denso alto de tierra firme
	CT-MAM-22	4937883,35	1995251,22	Bosque denso alto inundable
	CT-MAM-23	4941481,66	1989453,37	Bosque denso alto de tierra firme
	CT-MAM-24	4937876,42	1995404,44	Bosque denso alto inundable

Fuente: SGI S.A.S, 2025

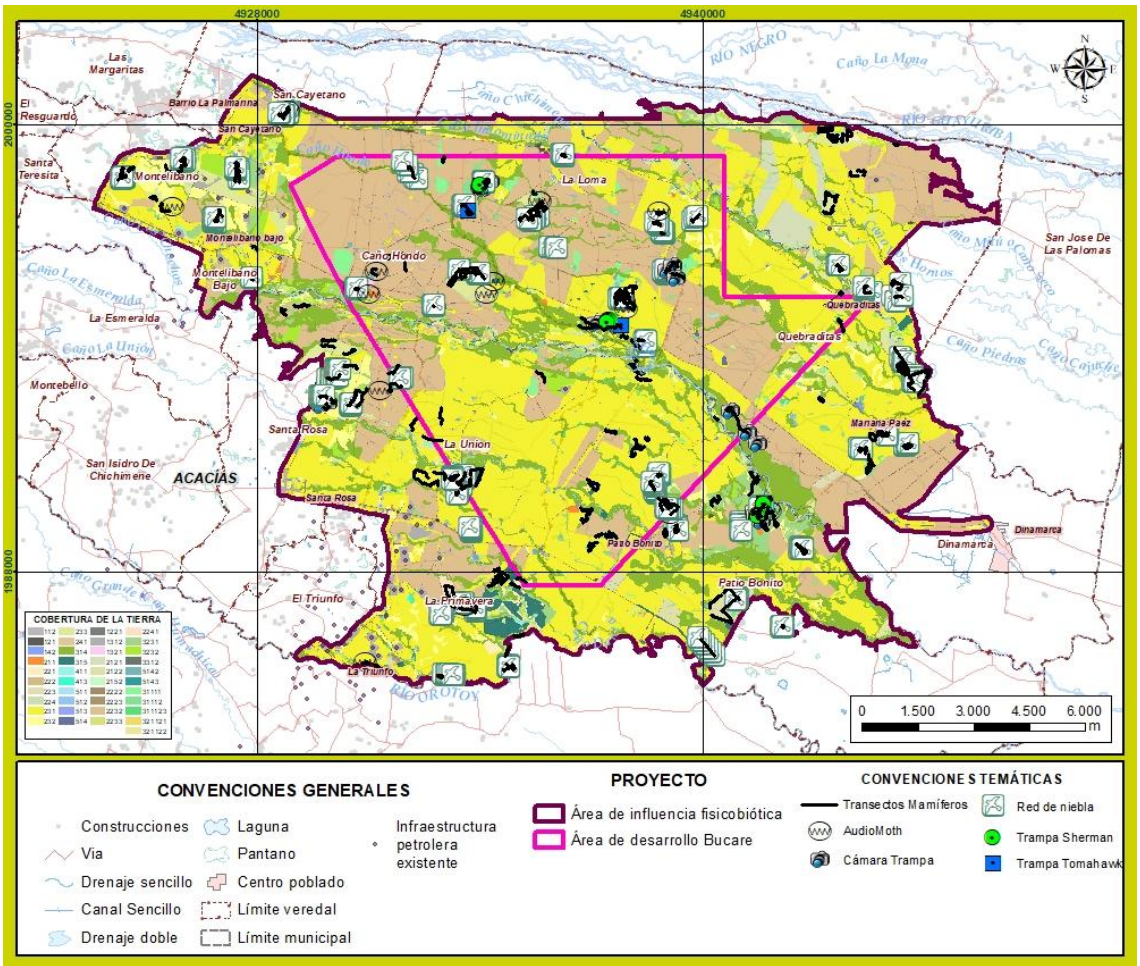


Figura 1-113 Mapa de los sitios de muestreo de mastofauna en el área de influencia
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Encuestas

De forma complementaria al trabajo de campo se realizaron encuestas en campo, estas encuestas generales agrupan los cuatro (4) grupos taxonómicos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) y se realizaron con el fin de conocer las especies reconocidas por parte de los habitantes que forman parte de la comunidad aledaña a esta área (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), los r

econocimientos fueron basados en catálogos y guías de campo con imágenes de la fauna presente en la región que fueron llevados y mostrados a la comunidad por parte de los profesionales de campo y posterior al reconocimiento las especies fueron validadas e identificadas con su nombre científico, común, hábitats y usos que los habitantes describieron. En la **Tabla 1-132** se presentan las coordenadas de los puntos donde se realizaron estas encuestas.

Tabla 1-132 Coordenadas de ubicación de los puntos de las entrevistas realizadas en el área de influencia fisico – biotica.

ID DE LA ENCUESTA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
	ESTE	NORTE
EN-FAUNA-01	4943825,64	1995450,32
EN-FAUNA-02	4925728,62	1997615,83
EN-FAUNA-03	4939367,21	1988983,27
EN-FAUNA-04	4939628,01	1998076,38
EN-FAUNA-05	4929332,11	1990110,61
EN-FAUNA-06	4933223,81	1990564,5
EN-FAUNA-07	4932328,73	1985183,45
EN-FAUNA-08	4930691,32	1995562,65
EN-FAUNA-09	4938948,58	1989221,25
EN-FAUNA-10	4928836,21	1990259,55
EN-FAUNA-11	4928909,55	2000436,11
EN-FAUNA-12	4937848,54	1995068,38
EN-FAUNA-13	4925833,82	1999052,32
EN-FAUNA-14	4933533,07	1989023,18
EN-FAUNA-15	4942623,57	1988536,74
EN-FAUNA-16	4943921,12	1995560,88
EN-FAUNA-17	4939204,79	1988289,92

Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-54 Encuestas de fauna para complemento de información secundaria
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.3.4.6.3 Etapa postcampo

Para cada grupo biológico, se elaboraron matrices de datos primarios que contenían información detallada y relevante. Estas matrices incluían el nombre del profesional encargado del muestreo, la fecha, el departamento y el municipio en los que se llevó a cabo la actividad, así como el ID del transecto o punto de muestreo. También se registró el nombre de la cobertura evaluada, la

metodología empleada para el registro, y datos taxonómicos de las especies (Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.4 Fauna/ Bases de datos). Es importante resaltar que para análisis relacionados a asociación a coberturas de la tierra, tal como preferencias de hábitat, representatividad del muestreo, diversidades alfa y beta y demás, los registros presentes en las coberturas 5.1.2 Lagunas, Lagos y ciénagas naturales, 5.1.1 Ríos y las 3.3.1 Zonas arenosas naturales aledañas fueron tratadas como una única unidad de cobertura bajo el nombre de "Aguas continentales" tomando nivel 2 según Corine Land Cover (IDEAM, 2010), esta decisión es tomada conforme a que durante la visita en campo el acceso a cuerpos de agua y sus zonas ribereñas fue complicado dados los desbordamientos presentados, y que finalmente los recursos ecológicos ofrecidos suelen atraer o albergar en gran manera las mismas especies de fauna silvestre.
Además, se incluyeron variables como la abundancia de cada especie, su categoría según la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), las categorías de amenaza, el endemismo, migración, veda, uso potencial, y la dieta. También se recopiló información sobre la distribución altitudinal y vertical de las especies, así como su ritmo de actividad y cualquier observación adicional relevante.

Una vez que la información fue depurada y revisada, se procedió a realizar diversos análisis estadísticos, con el fin de conocer la composición faunística del área de influencia físico – biótica. Es así, como a partir de estos datos se calculó la abundancia relativa definida como:

$$\%AR=(n1/N) \times 100$$

Donde:

AR = Abundancia relativa del taxon
n1 = El número de individuos registrados de cada taxon
N = Número total de individuos registrados

Igualmente, se obtuvo la riqueza específica (S) expresada como el número de especies por orden, familia y género, siendo esta la forma más sencilla de evaluar la diversidad puntual (Moreno C. , 2001).

- **Tratamiento taxonómico**

Para la asignación de nombres comunes a las especies registradas, se utilizaron los datos obtenidos de las encuestas (Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.4 Fauna/Encuestas) y los recursos en línea Naturalista Colombia (INaturalist, 2024) e International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN, 2025). En cuanto a la clasificación y validación taxonómica de las especies encontradas, se siguieron los criterios más recientes disponibles en diferentes bases de datos, específicas para cada grupo biológico, las cuales se detallan en la **Tabla 1-133**.

Tabla 1-133 Fuentes de validación taxonómica para grupos de fauna

GRUPO TAXONÓMICO	TIPO DE FUENTE	TÍTULO DE LA FUENTE	FUENTES DE INFORMACIÓN
ANFIBIOS	Bases de datos	Amphibian Species of the World	(Frost, 2024)
	Base de datos	Batrachia	(Acosta Galvis, 2023)
REPTILES	Base de datos	The Reptile Database	(Uetz, et al., 2025)
AVES	Base de datos	A classification of the bird species of South America. American Ornithological Society.	(Remsen, 2024)
	Libro	Guía ilustrada de la avifauna colombiana. Tercera edición	(Ayerbe-Quiñones, 2023)
MAMÍFEROS	Base de datos	Mamíferos de Colombia	(Ramírez-Cháves, et al., 2024)

GRUPO TAXONÓMICO	TIPO DE FUENTE	TÍTULO DE LA FUENTE	FUENTES DE INFORMACIÓN
	Artículo	Checklist of the mammals (Mammalia) of Colombia: Taxonomic changes in a highly diverse country	(Ramírez-Cháves, Morales-Martínez, Rodríguez-Posada, & Suárez-Castro, 2021)
	Libro	Atlas de la Biodiversidad de Colombia: Primates. Mejores modelos con el apoyo de expertos	(Olaya-Rodríguez, Noguera-Urbano, & Gutierrez, 2020)
	Artículo	Cambios recientes a la lista de los mamíferos de Colombia	(Ramírez-Cháves, Suárez-Castro, & González-Maya, Cambios Recientes a La Lista De Los mamíferos De Colombia, 2016)
	Artículo	Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia.	(Solari, et al., Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia, 2013)
	Base de datos	Mammal Species of the World	(Don & DeeAnn, 2005)

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para el caso de las grabaciones obtenidas con AudioMoth se realizaron aproximaciones taxonómicas a partir de las fases de búsqueda detectadas en las grabaciones de las sonoespecies y/o sonotipos (grupo de sonidos con las mismas características y que se asume que corresponde a la misma especie), mediante el uso del software BatExplorer Pro v.2.1 (Elekon, Suiza). Cada audio fue procesado mediante una transformación rápida de Fourier tipo hanning, con una ventana de 512 muestras y un overlap del 85%. Finalmente, las aproximaciones taxonómicas fueron validades a partir de grabaciones de referencia personales y las disponibles en literatura (Arias-aguilar et al., 2018; Kalko & Jung, 2014; Ortega et al., 2022; Rivera-Parra & Burneo, 2013; Rydell et al., 2002; Zurc et al., 2017).

- **Selección y uso de hábitat**

En cuanto a la asociación de los taxones con las unidades de cobertura vegetal, todas las especies se agruparon con base al tipo de unidad vegetal donde se registraron según el inventario florístico teniendo en cuenta las coberturas de la tierra definidas en la Metodología de Corine Land Cover adaptada para Colombia (Wolf, Gradstein, & Nadkarni, 2009) (Ver Anexo A5.15_Fauna_Cobertura).

Esto permitió la agrupación de todos los taxones evaluados con base al uso de las unidades de vegetación, donde se emplearán criterios de selección como sitios de refugio, alimentación, corredor de migración y concentración estacional.

- **Esfuerzos de muestreo**

Para evaluar la intensidad del muestreo asociado a las metodologías aplicadas en los distintos grupos biológicos estudiados, se siguieron las fórmulas establecidas en la **Tabla 1-134.**

Tabla 1-134 Fórmulas para el cálculo del esfuerzo de muestreo empleado en la caracterización de la fauna registrada para el área de influencia físico – biótica.

METODOLOGÍA	FÓRMULA
TRANSECTOS DE OBSERVACIÓN (HERPETOS, AVES Y MAMÍFEROS)	*EM= t*h* Donde: t= tiempo (horas totales de detección visual/auditiva) h= Días de muestreo
CAPTURAS EN REDES DE NIEBLA (AVES Y MAMÍFEROS)	EM = ∑ R x t Dónde: R= número de redes abiertas en cada sitio t= tiempo en horas en el que permanecieron abiertas las redes (Villarreal, et al., 2006)

METODOLOGÍA	FÓRMULA
CAMARAS TRAMPA, TRAMPAS SHERMAN, TRAMPAS TOMAHAWK, AUDIOMOTH (MAMÍFEROS)	EM = número de noches de muestreo (horas) X número de trampas activas

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- **Representatividad del muestreo**

Para calcular la representatividad del muestreo se empleó el software iNEXT mediante su paquete para R (Hsieh, Ma, & Chao, 2016). El análisis se realizó teniendo en cuenta los números de Hill, los cuales se emplean con el fin de cuantificar la diversidad taxonómica de especies de un conjunto total de datos, dado que representa una alternativa intuitiva y estadísticamente rigurosa frente a otros índices de diversidad (Chao, et al., 2014).

Los números de Hill (o el número efectivo de especies) se emplean para cuantificar la diversidad taxonómica de un conjunto. Las integraciones de rarefacción (interpolación) y extrapolación (predicción) de los números de Hill, basadas en el tamaño de la muestra y la cobertura, representan un método de estandarización unificado para cuantificar y comparar la diversidad de especies en múltiples conjuntos (Hsieh, Ma, & Chao, 2016).

Bajo ese orden de ideas se construyeron matrices con los datos de campo para cada uno de los grupos taxonómicos ubicando las especies en las filas, las coberturas muestreadas en las columnas y los datos de abundancia como valores; seguidamente fueron cargadas en R y analizadas mediante el paquete iNEXT mencionado anteriormente, la representatividad del muestreo presentada en los resultados corresponde al *Sample coverage (SC)* o cobertura de la muestra, que es el valor que refleja la proporción del número total de individuos que pertenecen a las especies detectadas en la muestra total. En términos prácticos, la cobertura de la muestra (SC) se toma como la efectividad de muestreo para cada una de las coberturas muestreada en función del esfuerzo total de muestreo.

- **Cálculos de diversidad**

Por medio del programa Paleontological Statistics software package (PAST) versión 4.06 (Hammer, Harper, & Ryan, 2001) y con el fin de medir la riqueza del muestreo, se calculó el índice de Margalef, el cual transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Moreno C. , 2001). Así mismo, se calculó el índice de Shannon-Wiener y el índice de Simpson, el primero indica qué tan uniformes están representadas las especies teniendo en cuenta todas las especies muestreadas, mientras que el segundo refleja el grado de dominancia en una comunidad, es decir muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie (Moreno C. , 2001), (Villarreal, et al., 2006).

Adicionalmente, se calculó el índice de similitud de Jaccard que se basa en datos de presencia-ausencia y estima la similitud entre las coberturas en función del número de especies compartidas entre ellas y por lo tanto permite comprender el cambio biótico entre las coberturas (Terán, 2013).

A continuación, se describen los argumentos matemáticos para el cálculo de estos índices (**Ver Tabla 1-135**).

Tabla 1-135 Fórmulas para el cálculo de los índices de diversidad empleados en la caracterización de la fauna registrada para el área de influencia físico – biótica.

DIVERSIDAD ALPHA	
ÍNDICE	**FÓRMULA**
RIQUEZA DE MARGALEF	$DMg=\frac{S-1}{\ln N}$ Donde *S* es el número de especies y *N* el número total de individuos. (Moreno C. , 2001)

SHANNON-WIENER	$H' = -\sum p_i \ln p_i$ Dónde: Pi = abundancia proporcional de la especie i (Moreno C. , 2001)
SIMPSON	$D = \frac{\sum_{i=1}^{S} n_i(n_i - 1)}{N(N-1)}$ Dónde: S = número de especies N = total de organismos presentes n = número de ejemplares por especie (Villarreal, et al., 2006)
DIVERSIDAD BETA	
ÍNDICE	**FÓRMULA**
JACCARD	*Jc= j/(a + b - j)* Dónde: a: número de especies en el sitio A b: número de especies en el sitio B j: número de especies compartidas. (Moreno C. , 2001)

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- **Gremios tróficos**

Para determinar las principales cadenas tróficas y las fuentes naturales de alimentación de la fauna, se evaluó su estructura trófica. Esta estructura describe las relaciones alimentarias entre los diferentes taxones de una comunidad, las cuales son determinadas por el flujo de materia y energía en los ecosistemas. Este análisis permite comprender cómo los organismos se interrelacionan a través de sus hábitos alimentarios, revelando las dinámicas de transferencia de energía y los roles que cada especie desempeña dentro de la red trófica del ecosistema.

En este sentido, se definieron 11 grupos tróficos con base en la disponibilidad de alimento y las necesidades fisiológicas de las especies (Stilles & Rosselli, 1998); (López-Ramírez, Restrepo-Quiroz, & Solari, 2020); Bolívar, Gómez-Figueroa, Blanco-Torres, & Giraldo, 2019; (Ramírez-Soto, Pardo-Díaz, & M, 2010).

- Insectívoros (Inse): especies que se alimentan principalmente de artrópodos y que pueden o no complementar su dieta con frutos.
- Herbívoros (Herb): especies que consumen preferiblemente hojas, rizomas y meristemos de las plantas.
- Frugívoros (Frug): especies que se alimentan de frutos carnosos.
- Granívoros (Gran): especies que se alimentan de semillas.
- Carnívoros (Carn): especies que se alimentan de animales que cazan activamente (Carne).
- Piscívoro (Pisc): especies que se alimentan de peces.
- Nectarívoros (Nect): especies que se alimentan del néctar de las flores.
- Polinívoro (Polin): especies que se alimentan de polen.
- Hematófago (Hema): especies que consumen sangre.
- Carroñeros (Carr): especies que se alimentan de animales muertos o en descomposición.
- Omnívoros (Omn): especies que tienen una dieta amplia incluyendo los hábitos antes descritos.

- **Especies de interés**

Para evaluar si las especies de fauna presentes en el área de influencia físico – biótica se encuentran en un estado de conservación sensible, se revisó la lista correspondiente para cada uno de los cuatro grupos biológicos. En este análisis, se verificó si las especies cumplían con alguno de los siguientes criterios:

(i) Especies amenazadas, basándose en clasificaciones de organismos internacionales o nacionales que evalúan el riesgo de extinción.
(ii) Inclusión en los apéndices de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), que regula el comercio de especies en riesgo.
(iii) Veda, lo que indica que su captura o caza está prohibida para proteger su población.
(iv) Distribución y endemismos, lo que implica que la especie es exclusiva de una región geográfica particular.
(v) Migración, es decir, si la especie presenta algún tipo de desplazamiento estacional o regular, lo que puede influir en su vulnerabilidad y conservación.

Este enfoque permite identificar especies con características que las hacen más susceptibles a amenazas y, por tanto, requieren especial atención para su conservación.

✓ Especies en categoría de amenaza

Para determinar las categorías de amenaza a nivel nacional, se revisó la Resolución 0126 del 06 de febrero del 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2024) y los Libros Rojos de especies amenazadas para Colombia: Anfibios (Rueda-Almonacid, Lynch, & Amézquita, 2004), reptiles (Morales, Lasso, Páez, & Bock, 2015), aves (Renjifo, Amaya-Villarreal, Burbano-Girón, & Velásquez-Tibatá, 2016; Renjifo, et al., 2013) y mamíferos (Rodriguez-Mahecha, Alberico, Trujillo, & Jorgeson, 2006). A nivel mundial, las categorías de amenaza se revisaron en la lista roja de especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2025). Las abreviaturas de las categorías de amenaza utilizadas son estándar y corresponden a: Preocupación menor (LC), Casi amenazado (NT), Datos insuficientes (DD), En peligro (EN), En peligro crítico (CR) No evaluado (NE) y Vulnerable (VU) (IUCN, 2025).

✓ Especies en apéndices CITES

Cada especie fue consultada en la base de datos de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) para identificar los taxones involucrados en el comercio ilegal. Este análisis permitió evaluar su valor comercial y su estatus de protección en los apéndices de la convención, definidos de la siguiente manera (CITES, 2025):

- **Apéndice I**: Incluye especies que enfrentan el mayor grado de amenaza. Estas están en peligro de extinción, y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de estas especies, salvo cuando se realiza con fines no comerciales, como la investigación científica.

- **Apéndice II**: Contiene especies que no están actualmente en peligro de extinción, pero que podrían llegar a estarlo si su comercio no es estrictamente regulado.

- **Apéndice III**: Agrupa especies incluidas a solicitud de una Parte (país miembro) que ya regula el comercio de esa especie y requiere cooperación internacional para garantizar su protección.

✓ Especies en veda

Las especies registradas de fauna se consultaron en las resoluciones de vedas nacionales expedidas en su momento por el Instituto de los Recursos Naturales (INDERENA), entre estas se encuentran la Resolución 574 de 1969 (MADS, 1969), Resolución 392 de 1973 (MADS, 1973) , Resolución 849 de 1973 (MADS, 1973), Resolución 584 de 2002 (MADS, ACOR, & OIMT, 2002) y Resolución 572 de 2005 (MADS, 2005).

✓ Especies endémicas y casi endémicas

Las especies endémicas para todos los grupos de fauna se establecieron de acuerdo con el centro de endemismos en Colombia (Hernández-Camacho J. H., 1992). Puntualmente, para anfibios y reptiles, se consultó su endemismo en la base de datos de (Acosta Galvis, 2023) y (Uetz, et al., 2025) respectivamente. Para aves se revisó la lista de aves endémicas de Colombia elaborada por la SACC (South American Classification Committee) (Remsen, 2024) y la lista actual de aves endémica registradas para Colombia (Chaparro Herrera, 2024). Finalmente, para mamíferos se consultaron las listas de (Ramírez-Cháves, et al., 2024) y (Solari, et al., Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia, 2013).

Así mismo, las especies registradas con distribución restringida se definen como aquellas que habitan en el continente americano donde sus poblaciones están confinadas a ciertas regiones geográficas (Maciel-Mata, 2015). Por otro lado, las especies con distribución cosmopolita son aquellas que tienen una amplia distribución geográfica, encontrándose en diferentes partes del mundo (Collin, 2004).

✓ Especies migratorias

Las especies migratorias de anfibios, reptiles y mamíferos se definieron según el Plan Nacional de Especies Migratorias (Naranjo & Amaya Espinel, 2009; Amaya-Espinel & Zapata Padilla, 2014). Específicamente para aves, se usó la Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia (Naranjo, Amaya, Eusse-González, & Cifuentes-Sarmiento, 2012), en la que se encuentra la clasificación según el tipo de migración.

✓ Especies de uso local e importancia económica

Este criterio fue establecido a partir de las encuestas realizadas a la comunidad dentro del área de influencia físico – biótica. Por lo tanto, a partir de 17 entrevistas realizadas en diferentes zonas, se recopilaron datos relacionados con todos los grupos taxonómicos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). De esta manera, se documentaron los nombres comunes con los que se conocen las especies en la región, así como sus usos socioeconómicos (Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.4 Fauna/ Encuestas).

Aunque los datos proporcionados por los habitantes locales fueron registrados en la tabla de registro para cada grupo biológico, no se consideraron en los análisis posteriores. Esto se debe a que no hubo un registro verificado de la presencia de estos organismos por parte de los profesionales durante el monitoreo realizado en el área de influencia físico – biótica. Por lo tanto, la información obtenida de la comunidad sirvió como complemento, pero no como base para los análisis cuantitativos de biodiversidad.

1.5.3.4.7 Ecosistemas Acuáticos

1.5.3.4.7.1 Etapa precampo

✓ Selección de puntos de monitoreo

El monitoreo de la primera temporada fue ejecutado del 29 de enero de 2025 al 06 de marzo del 2025 y la segunda temporada se ejecutó del 21 de mayo al 25 de junio del 2025 en 63 puntos de monitoreo. El monitoreo se realizó con el fin de caracterizar las comunidades hidrobiológicas de las aguas superficiales verificando el cumplimiento de la normatividad.

Los puntos de monitoreo de las comunidades hidrobiológicas se localizaron siguiendo los Términos de Referencia para la elaboración de estudios de impacto ambiental para áreas de explotación de hidrocarburos (HI-TER-1-03), los lineamientos de la Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas elaborada por el IDEAM en 2004 y el Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua del IDEAM (2007). Asimismo, los puntos de monitoreo se establecieron con los criterios de ser representativos dentro del área de influencia, considerando los patrones de drenaje aguas arriba y aguas abajo de los sitios propuestos a ser intervenidos por solicitudes de ocupaciones de cauce y/o captación. Adicionalmente, se consideraron dos (2) periodos (condiciones de aguas altas y aguas bajas) de monitoreo. Las metodologías empleadas están amparadas 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 a la empresa Servicios Geológicos Integrados S.A.S. (Res. 1580 del 19 de julio de 2023)."

La ubicación de los puntos de monitoreo se definió con el fin de lograr caracterización de la mayor cantidad de drenajes encontrados en el área de influencia; además de tener en cuenta los impactos que se podrían generar de manera directa e indirecta en el área del proyecto.

Tabla 1-136 Coordenadas de los puntos de monitoreo de ecosistemas acuáticos en el área de influencia.

ID PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
	NORTE	NORTE
LEN-01	4931540,96	1990603,91
LEN-02	4937681,70	1995708,61
LEN-03	4937668,49	1997629,81
LEN-04	4931896,10	1993149,56
LEN-05	4927885,79	1995990,59
LEN-06	4933827,37	1992653,54
LEN-07	4940102,30	1987096,01
LEN-08	4940972,00	1986912,48
LEN-09	4938127,21	1991162,77
LEN-10	4938722,63	1995338,75
LEN-11	4943723,64	1987176,41
LEN-12	4929886,20	1992425,66
LEN-13	4935269,39	1992851,95

ID PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
	NORTE	NORTE
LOT-01	4929409,44	1999130,39
LOT-02	4932107,04	1997059,53
LOT-03	4933229,84	1997409,78
LOT-04	4938349,24	1996855,73
LOT-05	4936032,69	1996794,70
LOT-06	4936095,93	1996513,49
LOT-07	4934202,32	1986140,80
LOT-08	4941013,83	1989283,79
LOT-09	4934567,67	1992628,35
LOT-10	4933496,59	1990868,65
LOT-11	4935624,85	1988611,77
LOT-12	4931731,19	1999892,79
LOT-13	4943877,18	1999945,53
LOT-14	4933657,56	1997912,66
LOT-15	4939207,47	1997659,21
LOT-17	4930530,35	1992010,85
LOT-19	4929038,64	1996401,24
LOT-20	4932761,28	1996674,31
LOT-21	4932218,94	1990448,97
LOT-22	4938404,84	1990434,97
LOT-23	4940924,87	1990393,17
LOT-24	4941681,00	1988048,00
LOT-25	4937258,31	1991864,33
LOT-26	4937147,08	1991191,08
LOT-27	4936613,57	1994559,71
LOT-28	4938346,71	1995455,16
LOT-29	4943987,88	1988057,86
LOT-30	4930753,03	1995686,85
LOT-31	4934484,23	1995087,95
LOT-32	4933167,39	1992760,39
LOT-33	4941949,47	1988200,57
LOT-35	4934996,16	1995599,78
LOT-36	4944457,93	1997070,13
LOT-37	4936688,11	1989753,80
LOT-38	4939366,69	1999060,00
LOT-39	4939120,33	1996035,65
LOT-40	4931560,80	1994270,36
LOT-42	4936010,88	1998047,71
LOT-44	4935905,92	1997314,77

ID PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
	NORTE	NORTE
LOT-45	4936993,48	1997669,30
LOT-46	4937170,48	1996797,37
LOT-47	4942153,91	1994903,80
LOT-48	4939490,92	1995405,56
LOT-51	4937649,69	1994922,66
LOT-53	4929105,03	1995535,43
LOT-54	4945224,86	1994647,77
LOT-55	4931846,83	1994702,03
LOT-56	4938393,56	1993435,64
LOT-58	4936197,48	1994138,97
LOT-60	4943992,85	1995646,69

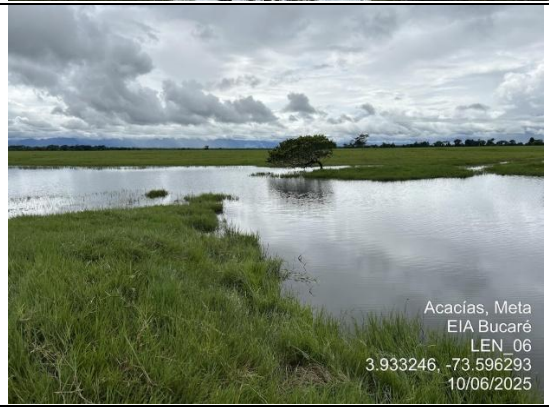
Fuente: SGI S.A.S, 2025

El área de monitoreo corresponde a los cuerpos de agua superficiales (loticos y lénticos) presentes al interior del área de influencia físico-biótica se encuentra ubicado en el municipio de Acacias y (**Figura 1-114**). En la se listan la totalidad de los puntos de monitoreo para los ecosistemas acuáticos y que a su vez corresponden a los mismos puntos en los que se realizó la caracterización fisicoquímica.

Tabla 1-137 Puntos de monitoreo

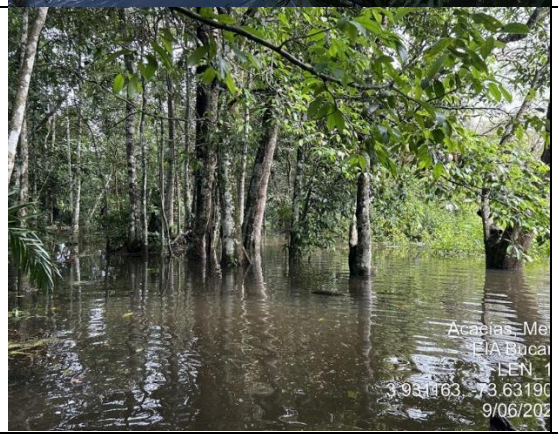
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LEN-01	LB			4931540,96	1990603,91
LEN-02	LB			4937681,70	1995708,61

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LEN-03	LB			4937668,49	1997629,81
LEN-04	LB			4931896,10	1993149,56

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LEN-05	LB			4927885,79	1995990,59
LEN-06	LB			4933827,37	1992653,54

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LEN-07	LB			4940102,30	1987096,01
LEN-08	LB			4940972,00	1986912,48

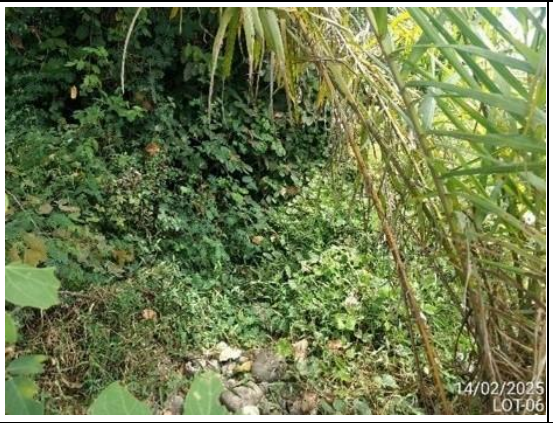
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LEN-09	LB			4938127,21	1991162,77
LEN-10	LB			4938722,63	1995338,75

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LEN-11	LB			4943723,64	1987176,41
LEN-12	LB			4929886,20	1992425,66

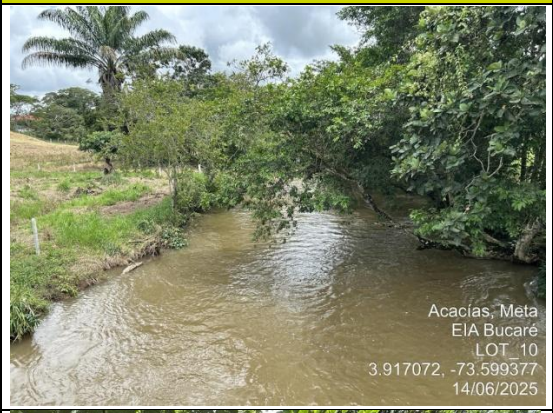
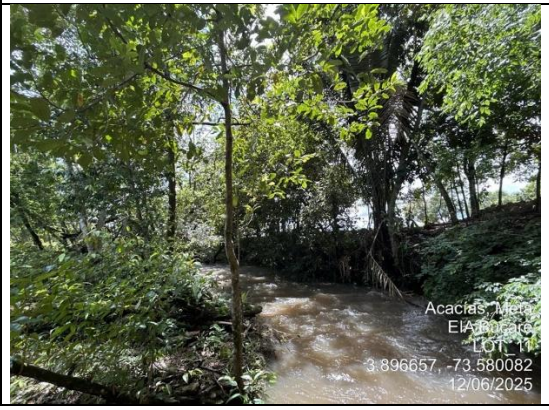
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LEN-13	LB			4935269,39	1992851,95
LOT-01	LB			4929409,44	1999130,39

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-02	LB			4932107,04	1997059,53
LOT-03	LB			4933229,84	1997409,78

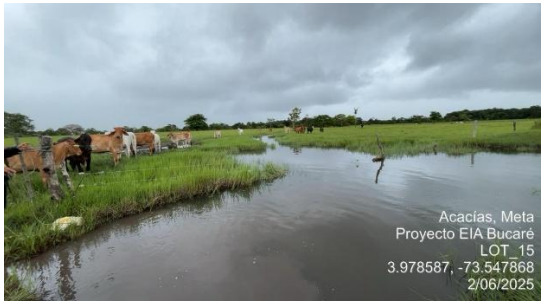
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-04	LB			4938349,24	1996855,73
LOT-05	LB			4936032,69	1996794,70

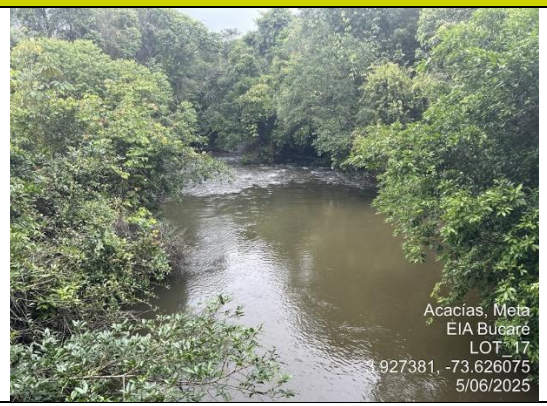
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-06	LB			4936095,93	1996513,49
LOT-07	LB			4934202,32	1986140,80

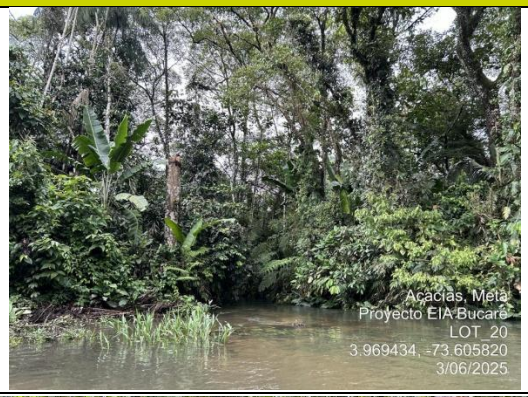
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-08	LB			4941013,83	1989283,79
LOT-09	LB			4934567,67	1992628,35

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-10	LB			4933496,59	1990868,65
LOT-11	LB			4935624,85	1988611,77

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-12	LB			4931731,19	1999892,79
LOT-13	LB			4943877,18	1999945,53

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-14	LB			4933657,56	1997912,66
LOT-15	LB			4939207,47	1997659,21

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-17	LB			4930530,35	1992010,85
LOT-19	LB			4929038,64	1996401,24

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-20	LB			4932761,28	1996674,31
LOT-21	LB			4932218,94	1990448,97

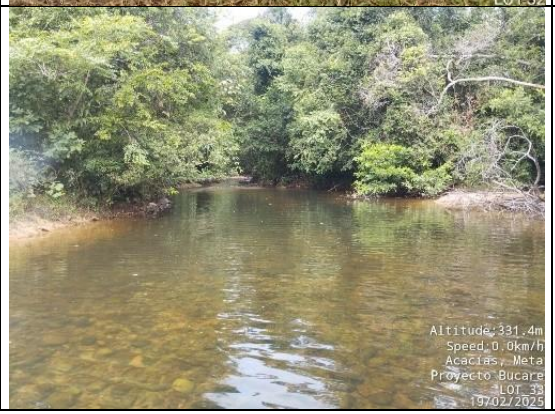
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-22	LB		-	4938404,84	1990434,97
LOT-23	LB			4940924,87	1990393,17

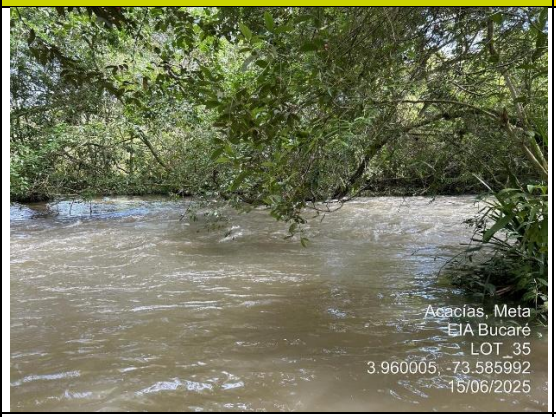
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-24	LB			4941681,00	1988048,00
LOT-25	LB			4937258,31	1991864,33

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-26	LB		-	4937147,08	1991191,08
LOT-27	LB		-	4936613,57	1994559,71

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-28	LB			4938346,71	1995455,16
LOT-29	LB			4943987,88	1988057,86

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-30	LB			4930753,03	1995686,85
LOT-31	LB			4934484,23	1995087,95

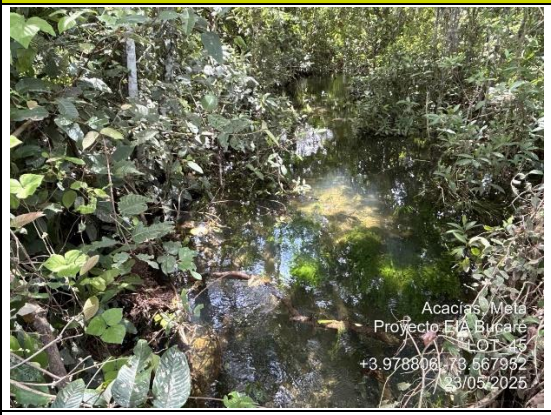
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-32	LB			4933167,39	1992760,39
LOT-33	LB			4941949,47	1988200,57

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-35	LB			4934996,16	1995599,78
LOT-36	LB			4944457,93	1997070,13

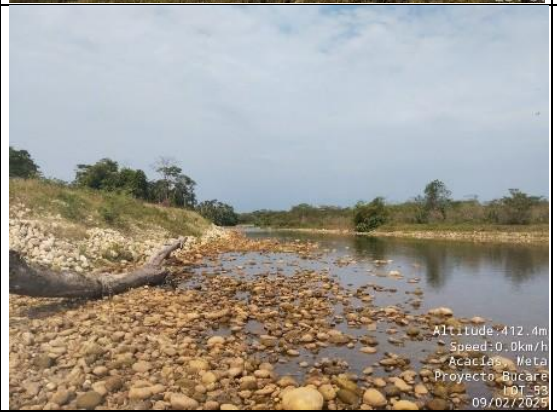
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-37	LB		-	4936688,11	1989753,80
LOT-38	LB			4939366,69	1999060,00

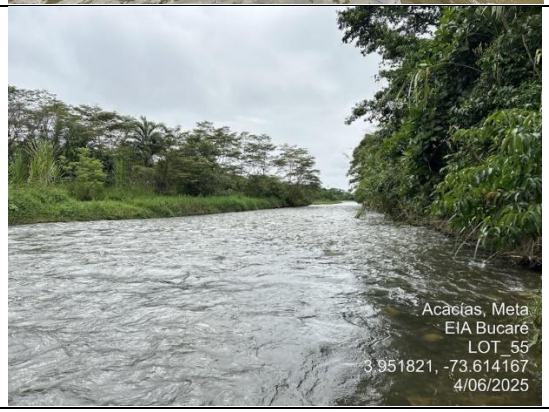
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-39	LB			4939120,33	1996035,65
LOT-40	LB			4931560,80	1994270,36

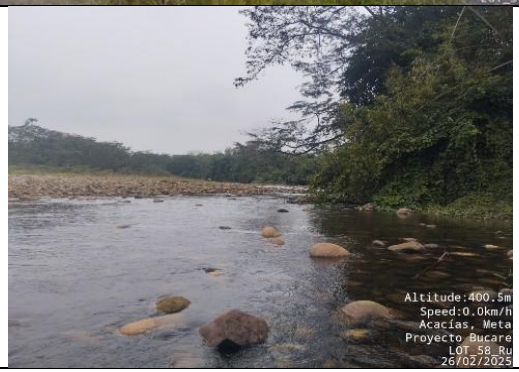
PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-42	LB			4936010,88	1998047,71
LOT-44	LB			4935905,92	1997314,77

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-45	LB			4936993,48	1997669,30
LOT-46	LB			4937170,48	1996797,37

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-47	LB			4942153,91	1994903,80
LOT-48	LB			4939490,92	1995405,56

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-51	LB			4937649,69	1994922,66
LOT-53	LB			4929105,03	1995535,43

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-54	LB			4945224,86	1994647,77
LOT-55	LB			4931846,83	1994702,03

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-56	LB			4938393,56	1993435,64
LOT-58	LB		-	4936197,48	1994138,97

PUNTO DE MONITOREO	TIPO	TEMPORADA 1	TEMPORADA 2	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
				ESTE	ESTE
LOT-60	LB			4943992,85	1995646,69

(-): Los puntos de monitoreo sin registro fotográfico para la época de lluvias corresponden a puntos donde no se logró el muestreo por temas de acceso predial.

Fuente: SGI S.A.S, 2025

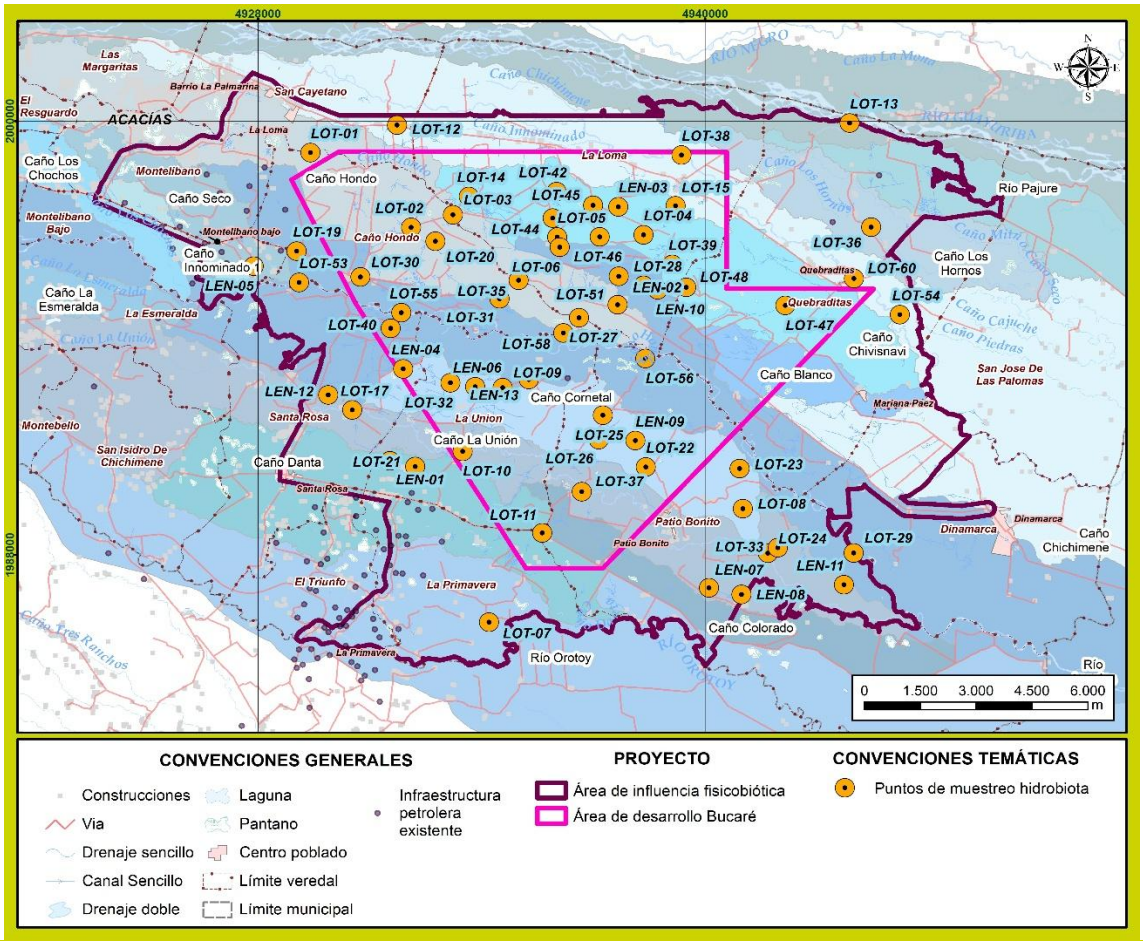


Figura 1-114 Mapa de los puntos de muestreo hidrobiológicos en aguas superficiales en el área de influencia
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Durante el muestreo de las comunidades hidrobiológicas se abarco un total de 32 puntos efectivos correspondientes a 25 puntos de monitoreo lóticos y siete (7) puntos de monitoreo lénticos; y durante la temporada de lluvias se monitoreó un total de 54 puntos efectivos de los cuales 44 correspondieron a cuerpos lóticos y 10 a cuerpos lénticos; los puntos que no contaron con monitoreo para alguna de las dos (2) épocas correspondieron a puntos secos, o sin permiso de acceso a los predios en el momento del monitoreo.

1.5.3.4.7.2 Etapa de campo

✓ Monitoreo en campo hidrobiológico

La metodología de análisis y muestreo de las diferentes comunidades hidrobiológicas evaluadas, están basadas en lo establecido en la Resolución 0083 del 29 de enero de 2025 en el procedimiento interno PO-TM-026, PO-TM-027, PO-TM-28, PO-TM-029, PO-TM-030, y el Standard Methods, ed. 24 (2023).

En la **Tabla 1-138**, se listan las metodologías que se emplearon en campo para llevar a cabo la recolección de las muestras referentes a las comunidades hidrobiológicas. Las muestras se preservaron con solución Transeau.

Tabla 1-138 Métodos de muestreo para las comunidades hidrobiológicas

COMUNIDAD	METODOLOGIA	
	CUERPOS DE AGUA LENTICOS	CUERPOS DE AGUA LÓTICOS
Zooplancton	M 10200 B, GTC 25	SM 10200 B, GTC 25
Macroinvertebrados Bentonicos	SM 10500 B, EPA 841-B-99-002	SM 10500 B, EPA 841-B-99-002
Macroinvertebrados asociados a macrofitas	SM 10500 B, EPA 841-B-99-002	SM 10500 B, EPA 841-B-99-002
Ictiofauna	SM 10600 B, EPA 841-B-99-002, GTC 25	SM 10600 B, EPA 841-B-99-002, GTC 25
Macrófitas	SM 10400 B, GTC 25	SM 10400 B, GTC 25
Fitoplancton	SM 10200 B, GTC 25	SM 10200 B, GTC 25
Perifiton	SM 10300 B, EPA 841-B-99-002, GTC 25	SM 10300 B, EPA 841-B-99-002, GTC 25

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Macroinvertebrados acuáticos

Las muestras fueron colectadas con red tipo D (**Fotografía 1-55**) o con una red Surber de diámetro de ojo de malla de 363 µm dependiendo la profundidad y del tipo de cuerpo de agua. En cada punto de monitoreo se definió una zona para realizar el muestreo teniendo en cuenta los tipos de sustratos encontrados (Sustrato duro y sustrato blando) y todos los microhábitats presentes para una caracterización completa de la macrofauna, meiofauna y microfauna. Se realizaron 10 barridos por punto de muestreo; en cada uno de los barridos la red fue puesta sobre el sustrato con la abertura en dirección contraria a la corriente, para así barrer el fondo desplazando los sedimentos dentro del cono. El material recolectado fue depositado en bolsas de seguridad a las cuales se les agrego un agente narcotizante (MgCl2 al 2%) y luego fueron fijadas con solución Kew. Una vez colectadas las muestras, se rotularon y almacenaron en una nevera de Icopor y se realizó su respectivo registro, cumpliendo con los requisitos expuestos en las planillas de campo y en el sistema de gestión de calidad.



Fotografía 1-55 Técnica de recolección de macroinvertebrados acuáticos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Perifiton.

Antes de iniciar con el muestreo se procedió a realizar el respectivo lavado y purga del cepillo de dientes con agua del sistema en estudio. Se tomaron sustratos sumergidos con constante penetración lumínica como rocas, hojas y troncos y mediante un cuadrante de 3x3 cm para muestrear un área total de 9 cm^2 realizando en total 10 raspados sumando un área total de 90 cm^2 (**Fotografía 1-56**). En un recipiente ámbar plástico de 60 mL se agregó agua a la mitad de su capacidad y en ella se dispuso la muestra. La muestra se preservó con solución de Kew en relación 1:4 agregando aproximadamente 20 ml a la muestra.



Fotografía 1-56 Técnica de recolección de Perifiton
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Plancton.

El muestreo se realizó por medio de una red ojo de malla de 23 µm para el caso del fitoplancton o de 55 µm de ojo de malla para el zooplancton con la cual se filtró un volumen de 50L dependiendo de la saturación del sistema (**Fotografía 1-57**). La muestra obtenida en el frasco colector se almacena en un recipiente de vidrio ámbar de volumen 250 ml, en donde 1/4 de este volumen correspondió a la solución de fijación de Kew (etanol 65%, agua 30% y glicerina 5%). La recolección de esta comunidad se realizó únicamente en los sistemas lénticos.



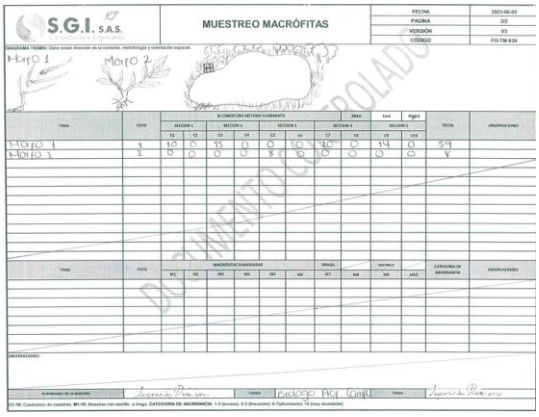
Fotografía 1-57 Técnica de recolección de Plancton
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Macrófitas

El muestreo cuantitativo se realizó por medio de un transecto de 100 m de longitud perpendicular a la orilla, extendiéndose 5 m hacia el interior del cuerpo de agua y 5 m hacia el exterior (fase tierra-agua) el cual se dividió en secciones de 20 m (**Fotografía 1-58**). Posterior a esto se hace un registro de todas las especies encontradas en este transecto en el formato de reporte de campo de macrófitas acuáticas, indicando la presencia y ausencia de las morfoespecies y tomando el porcentaje de cobertura encontrada por medio de un cuadrante 1 m^2 que se encuentra subdivido cada 10 cm. Se tomo el registro fotográfico de cada de cada una de las morfoespecies encontradas teniendo en cuenta los caracteres más importantes para su posterior identificación taxonómica en laboratorio.



Fotografía 1-58 Técnica de recolección macrófitas
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-59 Formato para el registro de macrófitas
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Ictiofauna.

Teniendo en cuenta el tipo de sistema acuático y las características presentes, la recolección de los peces se realizó por varias técnicas de muestreo, atarraya (**Fotografía 1-60**), red de arrastre con ojo de malla 363 µm (**Fotografía 1-61**), con nasa y electropesca mediante un equipo de voltaje de 20 V y 7 amperios realizando un barrido de 100 m y capturando los peces mediante una nasa; el tiempo de muestreo se realizó por 60 minutos en cada punto de muestreo. Los peces recolectados fueron fotografiados y e identificados en campo y posteriormente se devolvieron al mismo punto en el cual se colectaron; por otra parte, los peces colectados para una identificación taxonómica más precisa fueron procesados según los protocolos modificados de Potthoff, 1984; Simmons y Muñoz - Saba; 2005; Maldonado-Ocampo et al., 2005, los cuales fueron fijados en campo donde los ejemplares fueron sumergidos en solución de formaldehido al 10% neutralizado, y previamente fueron anestesiados con esencia de clavo (1,5-2,0 ml x 250 ml de agua); finalmente se preservaron y fijaron in situ con formol al 10% en recipientes de 500 ml o bolsas plásticas de cierre hermético, para luego preservarse en frascos de 500 ml de vidro con alcohol al 70%. Estos procedimientos se amparan bajo el permiso de colecta para SGI S.A.S emitido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales en su Resolución N° 1580 el 19 de julio de 2023; y los especímenes fueron ingresados a la colección del museo de ciencias de la Universidad del Bosque el cual cuenta con el Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas RNC: 164.



Fotografía 1-60 Recolección de ictiofauna mediante atarraya
Fuente: SGI S.A.S, 2025



Fotografía 1-61 Recolección de ictiofauna mediante red de arrastre
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- Métodos de análisis hidrobiológico en laboratorio

En la **Tabla 1-139**, se listan las metodologías base empleadas en el laboratorio para llevar a cabo la identificación taxonómica de las especies y/o morfoespecies pertenecientes a cada una de las comunidades hidrobiológicas analizadas.

Tabla 1-139 Métodos de análisis en Laboratorio

COMUNIDAD	METODOLOGIA
Fitoplancton	SM 10200 C, F
Zooplancton	SM 10200 C, G
Macroinvertebrados Bentonicos	SM 10500 C, EPA 841–B–99–002
Macroinvertebrados asociados a macrofitas	SM 10500 C, EPA 841–B–99–002
Ictiofauna	SM 10600 D, EPA 841-B-99-002
Macrófitas	SM 10400 D
Perifiton	SM 10300 C, EPA 841-B-99-002

Fuente: SGI S.A.S, 2025

✓ Macroinvertebrados acuáticos

Las muestras recolectadas se separaron sobre un tamiz con ojo de malla de 0,5 mm; todo el material retenido en el tamiz se revisó sobre bandejas esmaltadas blancas y los individuos se separaron con ayuda de pinzas, agujas entomológicas y lupas. Se empleó un microscopio de luz (aumentos de 10X y 40X) y/o estereoscopio según la necesidad para la identificación y cuantificación de cada uno de los organismos encontrados. Para la identificación de esta comunidad se utilizó bibliografía especializada: (APHA, 1992; Servicios Geologicos Integrados S.A.S, 2023; Roldan Perez, 1996; Aristizabal García, 2016; Laython, 2017; Rocha de Campos, 2014; Linares et al., 2018; Prat et al., 2011; Hamada et al., 2018; Borkent & Spinelli, 2007 y Rodríguez G, 1992).

La densidad de los organismos colectados se expreso en número de organismos por metro cuadrado (organismos/m^2), y se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$\frac{Organismos}{m^2} = \frac{Número\ de\ individuos}{Área\ muestreada\ (m^2)}$$

Posteriormente se realizaron los cálculos correspondientes para expresar la densidad den términos de individuos por centímetro cuadrado (Ind/cm^2).

- Plancton: Fitoplancton y Zooplancton

Para la identificación de los organismos se tuvo en cuenta el procedimiento establecido para la ELABORACIÓN E INTERPRETACION DE CARTAS DE CONTROL I-PLB02-35 del laboratorio. En este proceso se realizó el recuento e identificación de los organismos, mediante un microscopio invertido y una cámara de reconteo Sedgewick Rafter (S-R), con el fin de asegurar la representatividad del análisis, se observó y registró la riqueza y abundancia de organismos en el número de mililitros necesarios hasta que no encuentre en 3 alícuotas consecutivas, algún taxón diferente a los ya reportados. Para este proceso se usó las siguientes referencias bibliográficas (Bicudo & Menezes, 2006; Streble & Krauter, 1987; Wehr et al., 2015; Montoya Moreno et al., 2013; Biggs et al., 2000; Cristóbal et al., 2020; Doan Dang, 2015; Haney., et al 2013; Andrade Sossa et al., 2023).

La densidad de individuos se expreso en terminos de número de organismos por mililitro (ind/mL) y se calculó teniendo en cuenta la siguiente ecuación

$$\frac{Organismos}{mL} = \frac{C\ x\ 1000\ mm^3}{A\ x\ Px\ S}$$

Donde:

- C = Número de individuos contados.
- A = Área de cada campo en la cámara S-R (mm^2).
- P = Profundidad de la cámara S-R (mm).
- S = Número de campos contados.

El resultado obtenido se multiplicó por el volumen original de la muestra, como se muestra a continuación:

$$\frac{Organismos}{mL} = \frac{Organismos}{mL}\ x\ Volumen\ de\ la\ muestra\ en\ mL$$

Finalmente, el resultado anterior se dividió por el volumen filtrado en campo, de la siguiente manera:

$$\frac{Organismos}{mL} = \frac{Organismos}{Volumen\ filtrado\ en\ campo\ en\ mL}$$

- Perifiton

El recuento e identificación de los organismos se realizó siguiendo el protocolo 10300C de APHA-AWWA-WPCF (2017). Al efecto, el frasco que contenía la muestra concentrada en campo se agitó para homogenizar la muestra, y del centro de este se tomó una alícuota de 1 ml, que se depositaba en una placa Sedgwick-Rafter estándar (50 mm x 20 mm x 1 mm). Seguido de esto, con ayuda de un microscopio invertido, 20X, 40X y 100X, se realizó el recuento e identificación de los organismos; revisando un número determinado de transectos horizontales (filas) utilizando una cámara de reconteo Sedgwick-Rafter (S-R). La identificación y ubicación taxonómica se realizó con base en trabajos especializados, (Bicudo & Menezes, 2006; Streble & Krauter, 1987; Wehr et al., 2015; Montoya Moreno et al., 2013; Biggs et al., 2000; Cristóbal et al., 2020).

La densidad de individuos, expresada como número de organismos por centímetro cuadrado (organismos/cm^2), se calculó teniendo en cuenta la siguiente función:

$$\frac{Organismos}{cm^2} = \frac{C\ x\ A_t\ x\ V_t}{A_c\ x\ V_s\ x\ A_s}$$

Donde:

- C = Número de individuos contados.
- A_t = Área total del fondo de la cámara (1 mm2).
- V_t = Volumen total de la muestra original en suspensión, mL.
- A_c = Área contada de campos (0.7853 mm^2 para el objetivo de 20X).
- V_s = Volumen de la muestra usado en la cámara, mL.
- A_s = Área de la superficie del sustrato muestreado, cm^2.

- Macrófitas acuáticas

Para las macrófitas acuáticas, la identificación se realizó con la observación de las estructuras vegetativas y florales de las plantas mediante el registro fotográfico; así mismo, este permitió obtener características no perdurables como el color. La identificación de esta comunidad se realizó con base a claves taxonómicas y guías como: (Lasso et al., 2014; Lot, Esparza, & Mora, 2015; Schmidt-Mumm, 1998; Bonilla-Barbosa & Santamaría, 2013; Martínez-Peña & Sánchez, 2015; Servicios Geologicos Integrados S. A. S, 2023; Posada & López, 2011). Este procedimiento se ejecutó teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WEF; APHA (American Public Health Association, AWWA (American Water Works Association) y WEF (Water Enviroment Federation), en el Standard Methods 23rd Edition (2017) e Integrated Taxónomy Information System (ITIS).

Para medir la cobertura de cada especie de macrófita se cuantificó un porcentaje del área total muestreada, utilizando la proporción de subcuadrantes ocupados por una especie dada en relación con el número total de subcuadrantes (250). Aplicando la siguiente ecuación:

$$(CT\ i) = \frac{(Ci)}{Área\ total\ muestreada}\ x100$$

Donde:

- Ci = Número total de subcuadrantes ocupados por la especie i (suma de las 10 réplicas).
- Área total muestreada = Número total de subcuadrantes = 250 (25 subcuadrantes × 10 réplicas).
- CTi = Cobertura total de la especie i, expresada en porcentaje (0–100%).

Con esta fórmula se transforman los conteos brutos de subcuadrantes ocupados en un porcentaje estandarizado, permitiendo comparar la cobertura de las especies entre diferentes puntos de muestreo. Por ejemplo, si una especie ocupa 50 subcuadrantes en total a lo largo de las 10 réplicas, su cobertura sería:

$$(CT\ i) = \frac{50}{250}\ x100 = 20\%$$

- Ictiofauna

La identificación de los organismos se efectuó hasta el nivel más bajo posible con ayuda de bibliografía especializada como Dahl & Amp; Medem (1964), Dahl (1971), Miles (1971), Román-Valencia (1995), Maldonado-Ocampo et al. (2005), Galvis et al. (2007), Urbano et al. (2014), Maldonado-Ocampo et al. (2013), Zapata y Usma (2013), Lasso y Morales-Betancourt (2017) e Integrated Taxonomy Information System (ITIS). La cuantificación de cada uno de los individuos se realizó de acuerdo con la información reportada en los formatos de campo.

1.5.3.4.7.3 Etapa poscampo

1.5.3.4.7.3.1 Análisis de diversidad

Con el objetivo de evaluar la diversidad de las comunidades hidrobiológicas presentes en el área de influencia, se realizó un análisis cuantitativo basado en la estimación de la riqueza y diversidad efectiva las taxa identificadas. Para este propósito, se empleó la función iNEXT del paquete estadístico iNEXT en el programa Restudio, herramienta ampliamente utilizada en estudios ecológicos por su capacidad de estimar la diversidad de Hill a partir de datos de abundancia. Los datos utilizados correspondieron a las abundancias registradas para las comunidades hidrobiológicas en los diferentes puntos de muestreo.

El conjunto de datos fue estructurado en un marco de datos (data frame) en el que cada fila representó un ensamblaje o comunidad (punto de monitoreo), y cada columna una taxa o especie identificada. Se estableció la primera columna como identificador del ensamblaje (nombre del sitio), la cual posteriormente fue excluida del análisis para conservar únicamente los valores numéricos requeridos. Para la estimación de la diversidad, se aplicó la función iNEXT para calcular los (3) tres órdenes de diversidad "q" (q = 0, 1, 2), correspondientes a: q = 0: Riqueza de especies (diversidad de Hill de orden cero), q = 1: Diversidad de Shannon (proporcional a la abundancia), q = 2: Diversidad de Simpson (pondera las especies más abundantes). Esto permitió obtener una caracterización más completa del componente de diversidad, al integrar tanto la presencia de especies raras como la dominancia relativa. A partir de los resultados generados para q = 0, se extrajeron los estimadores asintóticos de diversidad, los cuales fueron organizados y representados gráficamente como una

Curva de Diversidad de Hill, permitiendo una interpretación integrada del comportamiento de la diversidad a través de los distintos órdenes q.

1.5.3.4.7.3.2 Análisis multivariados

- Análisis de similitud

Se realizaron análisis de similitud Bray-Curtis para determinar las similaridad entre las estaciones de muestreo tanto en sistemas lénticos como lóticos.

- Análisis de correlaciones (BIOENV)

Una de las aplicaciones de los análisis de correlaciones es la reducción de dimensionalidad (variables), perdiendo la menor cantidad de información (varianza) posible: cuando contamos con un gran número de variables cuantitativas posiblemente correlacionadas (indicativo de existencia de información redundante), los análisis de correlaciones permite reducirlas a un número menor de variables transformadas que expliquen gran parte de la variabilidad en los datos.

Finalmente, con el propósito de relacionar las variables ambientales con la estructura de las comunidades, se aplicó el BIOENV (Clarke & Ainsworth, A method of linking multivariate community structure to environmental variables, 1993). Una metodología integrada de análisis multivariado y bioindicación con el fin de identificar los principales factores ambientales que estructuran las comunidades acuáticas y evaluar su respuesta ecológica frente a gradientes fisicoquímicos. En primer lugar, se calculó la disimilitud en la composición de las taxa registradas mediante el índice de Bray-Curtis, sobre datos previamente transformados con el método de Hellinger para reducir el peso de especies dominantes y homogenizar la varianza. Posteriormente, se utilizó el procedimiento BIOENV (función bioenv del paquete vegan en Rstudio) para determinar la combinación de variables ambientales que mejor explicó la variación observada en la comunidad, evaluando correlaciones de Spearman entre la matriz biológica y matrices ambientales derivadas de todas las combinaciones posibles de variables.

Con base en las variables más explicativas identificadas, se realiza una clasificación jerárquica de los puntos de muestreo mediante el método de Ward y distancia euclidiana, estableciendo grupos de condiciones ambientales contrastantes. Luego con el análisis de valor indicador (IndVal) y mediante el paquete indicspecies, se identifican las taxa con alta fidelidad y especificidad hacia cada grupo ambiental, evaluando su significancia estadística mediante permutaciones. Finalmente, para integrar y visualizar las relaciones entre la estructura comunitaria y las variables seleccionadas, se realiza un Análisis de Redundancia Canónica (RDA) utilizando el paquete Vegan. Este enfoque permite, de manera complementaria, cuantificar la influencia relativa de las variables clave sobre la composición biológica, identificar especies indicadoras y representar gráficamente la separación funcional entre grupos ambientales, constituyendo así una herramienta robusta para la interpretación ecológica de las comunidades.

1.5.3.4.7.3.3 Índice BMWP/Col

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue desarrollado en Inglaterra en 1980 como una herramienta práctica y eficiente para evaluar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados

acuáticos como indicadores biológicos. Este índice requiere identificar los organismos a nivel taxonómico de familia y registrar su presencia o ausencia (Álvarez, 2005).

El BMWP permite estimar el estado de un ecosistema acuático asignando a cada familia de macroinvertebrados un puntaje basado en su tolerancia a la contaminación, con valores que oscilan entre 1 y 10. Las familias más sensibles (que requieren condiciones óptimas de calidad del agua) reciben puntuaciones más altas, mientras que aquellas más tolerantes obtienen valores bajos. La suma total de los puntajes de todas las familias presentes en un sitio de muestreo refleja el nivel de calidad del agua: a mayor puntuación, menor grado de contaminación en el sitio evaluado (Álvarez, 2005).

En el contexto colombiano, el índice ha sido adaptado como BMWP/Col, constituyendo una herramienta útil para el diagnóstico de ecosistemas acuáticos en el país. Para el presente estudio, se utilizó la clasificación propuesta por Roldán (2003), la cual se presenta en la **Tabla 1-140,** y su interpretación ecológica en la **Tabla 1-141**.

Tabla 1-140 Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados para la obtención del BMWP/Col

FAMILIAS		PUNTAJE
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae,	Ptilodactylidae, Choroddidae, Gripopterygidae	10
Lampryidae, Odontoceridae, Perlidae	Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	
Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplocidae,	Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae	9
Limnephilidae, Oligoneuridae, Philopotamidae	Platyisctiidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	
Atyidae, Calamoecertidae, Hebridae, Helicopsychidae,	Hydroptillidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Lymnaeidae,	8
Palaemonidae, Planorbidae (cuando es dominante)	Pseudeothelpusidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	
Hydraenidae	Naucoridae, Biomphalaria	
Ancylidae, Baetidae, Caenagrionidae, Coenagrionidae	Dicteriadidae, Dixidae, Gastropodidae, Hyallelidae	7
Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Lestidae	Pyralidae, Simuliidae, Veliidae	
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae	Dryopidae, Dugesiidae, Elmidae, Hirudiae	6
Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae	Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae	Glossiphoniidae, Gyrinidae, Libellulidae	5
Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae	Tabanidae, Thiaridae	
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydridae	Haliplidae, Hydriidae, Muscidae	4
Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae	Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	
Chaoboridae, Cyclobdellidae,	Hydrophilidae (larvas)	3
Physidae, Stratiomyidae	Tipulidae	
Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1)		2

FAMILIAS		PUNTAJE
Culicidae, Psychodidae	Syrphidae	
Tubificidae		1

Fuente: SGI S.A.S, 2025

Tabla 1-141 Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	VALOR DEL BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	> 150	Aguas muy limpias	
		101-120	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.4 Medio socioeconómico

1.5.4.1 Metodología caracterización del área de influencia del medio socioeconómico

Para el desarrollo de la línea base del medio socioeconómico y cultural del Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare se efectuó un proceso de recolección de información primaria y secundaria que permitió atender lo solicitado en los Términos de Referencia HI-TER-1-03, emitidos a través de la Resolución 1543 del 6 de agosto de 2010, por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de explotación de hidrocarburos en concordancia con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales de 2018 emitida por la Resolución 1402 de julio de 2018 y demás normatividad legal vigente.

En lo anterior, se realizó caracterización la cual constituye una base fundamental para la adecuada identificación, valoración y análisis de los potenciales impactos derivados del proyecto, así como para la definición de las medidas de manejo requeridas para su prevención, mitigación, corrección o compensación.

En coherencia con los lineamientos normativos y los principios de participación ciudadana, se garantizó el cumplimiento de la legislación vigente en materia de relacionamiento con actores sociales. Adicionalmente, se incorporaron los principios del Acuerdo de Escazú, especialmente aquellos relacionados con el acceso a la información y los mecanismos de participación social, fortaleciendo el diálogo con autoridades regionales y municipales, así como con las comunidades no étnicas presentes en el área de influencia. Este enfoque participativo aportó significativamente a la construcción conjunta del Estudio de Impacto Ambiental, procurando una intervención con el menor nivel de afectación posible a las comunidades y sus territorios.

La metodología empleada integró estrategias, técnicas e instrumentos propios de un enfoque cualitativo, que aportó rigurosidad al proceso investigativo y permitió la validación de percepciones, opiniones y experiencias de los actores sociales involucrados. Se utilizaron técnicas de recopilación de información secundaria provenientes de fuentes oficiales; como bases de datos, informes técnicos, estudios previos e investigaciones, que facilitaron la comprensión del contexto social del área. Paralelamente, se aplicaron herramientas para la obtención de información primaria

directamente de los actores sociales del área de interés, lo que garantizó la incorporación de sus voces en el análisis

- **Información secundaria**

En el marco de la elaboración del medio socioeconómico, las fuentes de información secundaria facilitaron la localización e identificación de información de documentos de referencia para el área de influencia. Dicha información se recolectó a través de consulta de las siguientes fuentes secundarias: Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE, SISBEN, Plan de Desarrollo Municipal 2024-2027 de Acacias, Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Acacias, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Ordenanza 1256 de 2024 por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo económico y social del departamento del Meta "El Gobierno de la Unidad" 2024-2027, AGRONET, Departamento Nacional de Planeación, Análisis de Situación en Salud –ASIS 2022, Ministerio de Agricultura, entre otros.

- **Etapa de Precampo**

Para la implementación de los lineamientos de participación, se llevó a cabo la identificación de actores sociales (Ver **Tabla 1-142**), de acuerdo con lo establecido en la Metodología General para la elaboración y presentación de estudios ambientales (ANLA, 2018) y la Guía de participación ciudadana para el licenciamiento ambiental (ANLA, 2018), en los cuales se indica que en el proceso se debe involucrar a las autoridades departamentales y municipales que contengan las unidades territoriales que hacen parte del área de influencia, a la comunidad en general, organizaciones sociales, propietarios y/o habitantes de los predios a intervenir, y demás actores que puedan verse afectados por el proyecto.

En ese sentido, teniendo en cuenta la localización del proyecto y con base en los hallazgos logrados a través de acercamientos en campo a propietarios, líderes comunitarios y comunidad en general, se identificaron los siguientes actores.

Tabla 1-142 Actores identificados en el área de influencia del proyecto

CARACTERÍSTICA	UNIDAD TERRITORIAL	NOMBRE
Departamental	Meta	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - CORMACARENA
		Gobernación del Meta
Municipal	Acacias	Alcaldía Municipal de Acacias
		Concejo Municipal de Acacias
		Propietarios de los predios vecinos al proyecto.
Veredal	Quebraditas	Junta de acción comunal
Veredal	Caño Hondo	Junta de acción comunal
Veredal	La Loma	Junta de acción comunal
Veredal	La Unión	Junta de acción comunal
Veredal	Patio Bonito	Junta de acción comunal
Veredal	La Primavera	Junta de acción comunal
Veredal	Santa Rosa	Junta de acción comunal
Veredal	Montelíbano Sector Bajo	Junta de acción comunal
Veredal	Montelíbano	Junta de acción comunal
Veredal	San Cayetano	Junta de acción comunal

CARACTERÍSTICA	UNIDAD TERRITORIAL	NOMBRE
Veredal	El Triunfo	Junta de acción comunal
Veredal	Dinamarca	Junta de acción comunal

Fuente: SGI S.A.S., 2025

El proceso de participación y socialización se llevó a cabo con los actores anteriormente listados y en los diferentes momentos a implementar al interior del área de influencia del proyecto, encaminados a la identificación de las organizaciones del AI, identificación de impactos, definición de las medidas de manejo para el proyecto y entrega de resultados. Además, al interior del AI se llevó a cabo el acercamiento a los propietarios de los predios.

> *El objetivo del presente Acuerdo es garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible.* Acuerdo de Escazú, Naciones Unidas 2018.

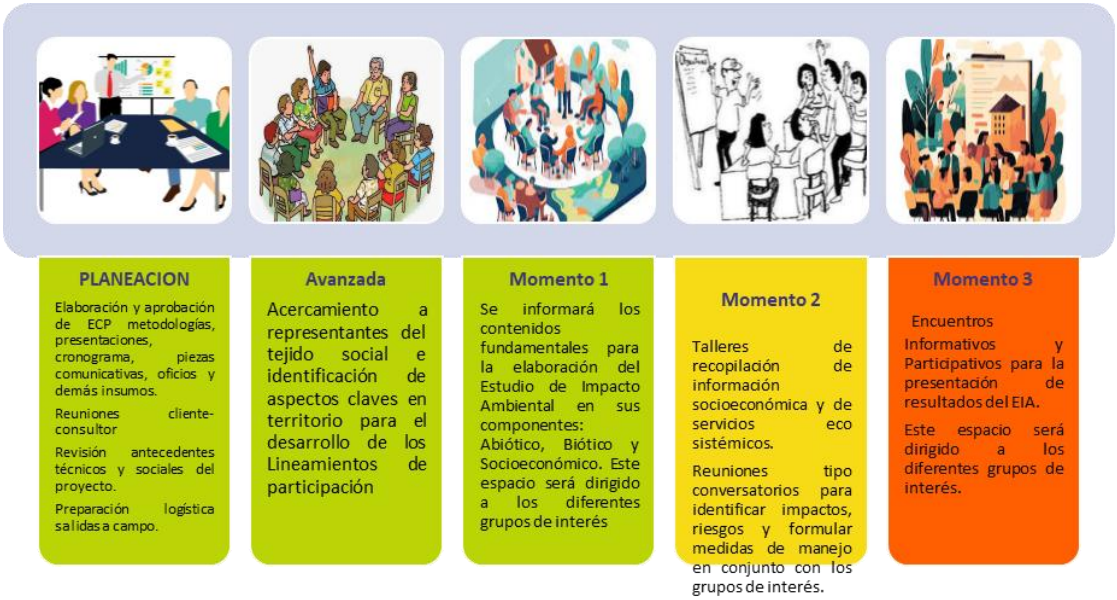


Figura 1-115 Contexto metodológico para la ejecución de los lineamientos de participación durante la elaboración del EIA para el Área de Desarrollo Bucare. Fuente: SGI S.A.S, 2025

Se concertaron reuniones informativas y estrategias de convocatoria con autoridades distritales y municipales, organizaciones sociales y comunidad general del área de estudio. Además de definir las herramientas de divulgación para procesos de convocatoria e información en el desarrollo de las reuniones informativas denominados piezas comunicativas. Acompañando de la definición de las técnicas de información a los grupos de interés para cada momento de participación social.

- **Etapa de campo**

- **Información primaria**

Las fuentes de información primaria privilegian la información colectada a través de las comunidades y actores del área de influencia del proyecto; ésta relacionada con la demografía, los servicios públicos y sociales, la economía, la organización política y aspectos culturales, presentes en el territorio; la cual se recopila con la aplicación de instrumentos o herramientas metodológicas que permiten la obtención de información relevante para la construcción de la caracterización de las unidades territoriales que forman parte del área de influencia del proyecto.

Asimismo, se respetaron los principios del Acuerdo de Escazú relacionados con el acceso a la información y los mecanismos de participación social que deben implementarse en este tipo de proyectos. Todo ello con el propósito de fortalecer el relacionamiento con las autoridades regionales y municipales, así como con las comunidades étnicas y no étnicas identificadas en el área de influencia, lo cual contribuyó a la construcción conjunta del presente Estudio de Impacto Ambiental y a minimizar los efectos sobre dichos actores y sus territorios.

En los numerales siguientes se describe la metodología utilizada para la caracterización del medio socioeconómico, en concordancia con lo establecido en la Constitución Política de Colombia (1991), los decretos únicos reglamentarios 1066 de 2015 (sector administrativo del Interior y sus modificaciones), 1076 de 2015 (sector ambiente y desarrollo sostenible y sus modificaciones), 1080 de 2015 (sector cultura y sus modificaciones), entre otros documentos legislativos relacionados en el numeral del 1.3.6 Marco Normativo.

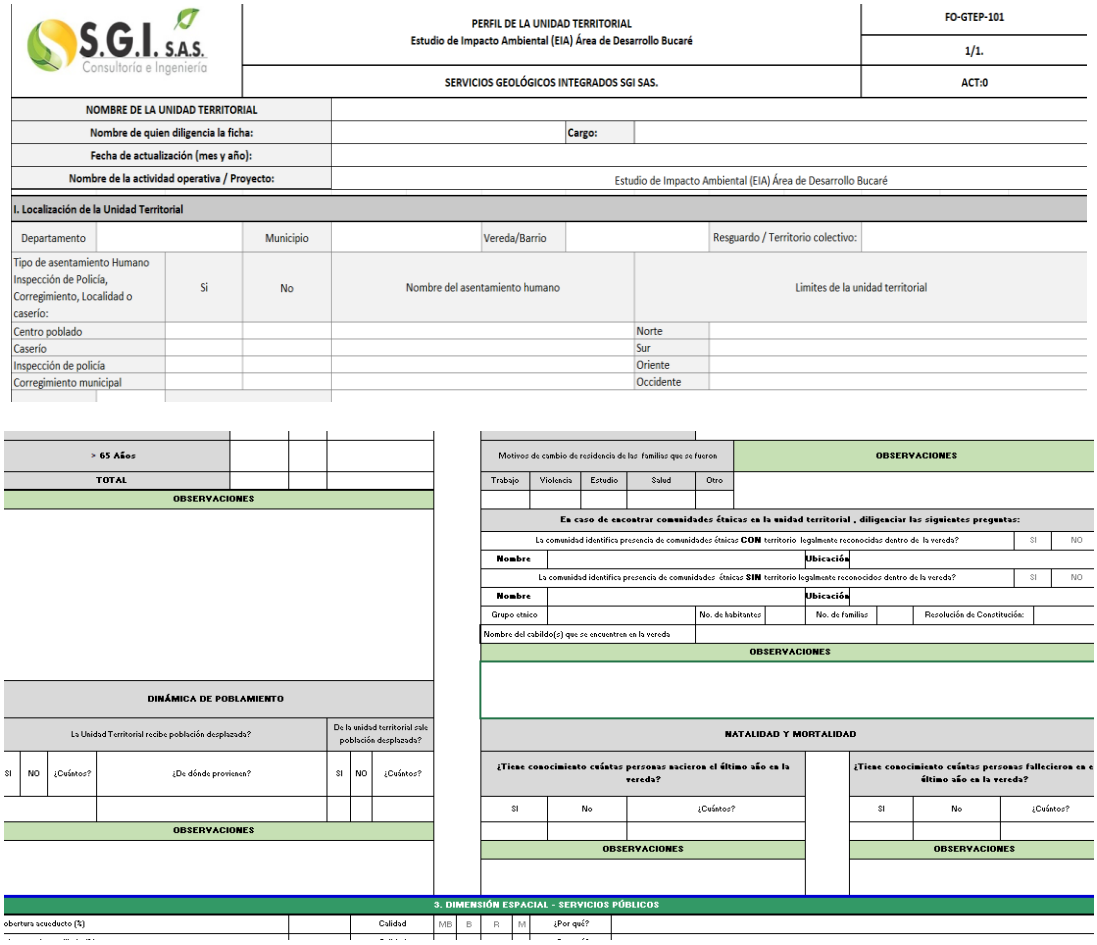
Dentro de los instrumentos implementados, se encuentran: formato de caracterización socioeconómica (ficha veredal), cartografía social, calendario comunitario, formato de identificación predial (ficha predial) y análisis de los procesos productivos (censo económico), así como un registro fotográfico georreferenciado de la infraestructura socioeconómica y cultural presente en la zona; de igual forma, la observación por parte del profesional encargado de la caracterización; siendo herramientas que permiten un análisis claro y real de la dinámica socioeconómica del área de influencia del EIA.

La metodología se desarrolló en tres etapas: precampo (preparación previa), campo (recolección de información y espacios de participación social), y poscampo (análisis de información y elaboración del documento). No obstante, en el componente social, la fase de poscampo se articula de forma transversal con las actividades de campo, dado que los momentos de relacionamiento requieren un procesamiento inmediato de la información primaria.

De acuerdo a lo anterior, la información primaria se recogió en once (11) espacios de interlocución y a través de las siguientes herramientas e instrumentos de recolección de información:

- ✓ Formato de caracterización del medio socioeconómico

Es un instrumento de recolección de información de carácter cualitativo y cuantitativo, que compila información detallada de cada unidad territorial menor en aspectos demográficos, espaciales, políticos, económicos, culturales y organizativos de las unidades territoriales del área de influencia del proyecto (Ver **Fotografía 1-62** Formato de caracterización medio socioeconómico).



	PERFIL DE LA UNIDAD TERRITORIAL Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Área de Desarrollo Bucaré	FO-GTEP-101
S.G.I. S.A.S. Consultoría e Ingeniería		1/1.
	SERVICIOS GEOLÓGICOS INTEGRADOS SGI SAS.	ACT:0

NOMBRE DE LA UNIDAD TERRITORIAL			
Nombre de quien diligencia la ficha:		Cargo:	
Fecha de actualización (mes y año):			
Nombre de la actividad operativa / Proyecto:	Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Área de Desarrollo Bucaré		

I. Localización de la Unidad Territorial

Departamento		Municipio		Vereda/Barrio		Resguardo / Territorio colectivo:	

Tipo de asentamiento Humano Inspección de Policía, Corregimiento, Localidad o caserío:	Si	No	Nombre del asentamiento humano	Limites de la unidad territorial	
Centro poblado				Norte	
Caserío				Sur	
Inspección de policía				Oriente	
Corregimiento municipal				Occidente	

> 65 Años			
TOTAL			

OBSERVACIONES

DINÁMICA DE POBLAMIENTO

La Unidad Territorial recibe población desplazada?				De la unidad territorial sale población desplazada?		
SI	NO	¿Cuántos?	¿De dónde provienen?	SI	NO	¿Cuántos?

OBSERVACIONES

Motivos de cambio de residencia de las familias que se fueron					OBSERVACIONES
Trabajo	Violencia	Estudio	Salud	Otro	

En caso de encontrar comunidades étnicas en la unidad territorial , diligenciar las siguientes preguntas:

La comunidad identifica presencia de comunidades étnicas **CON** territorio legalmente reconocidas dentro de la vereda?			SI	NO
Nombre		**Ubicación**		
La comunidad identifica presencia de comunidades étnicas **SIN** territorio legalmente reconocidos dentro de la vereda?			SI	NO
Nombre		**Ubicación**		
Grupo etnico		No. de habitantes	No. de familias	Resolución de Constitución:
Nombre del cabildo(s) que se encuentren en la vereda				

OBSERVACIONES

NATALIDAD Y MORTALIDAD

¿Tiene conocimiento cuántas personas nacieron el último año en la vereda?			¿Tiene conocimiento cuántas personas fallecieron en e último año en la vereda?		
SI	No	¿Cuántos?	SI	No	¿Cuántos?

OBSERVACIONES

OBSERVACIONES

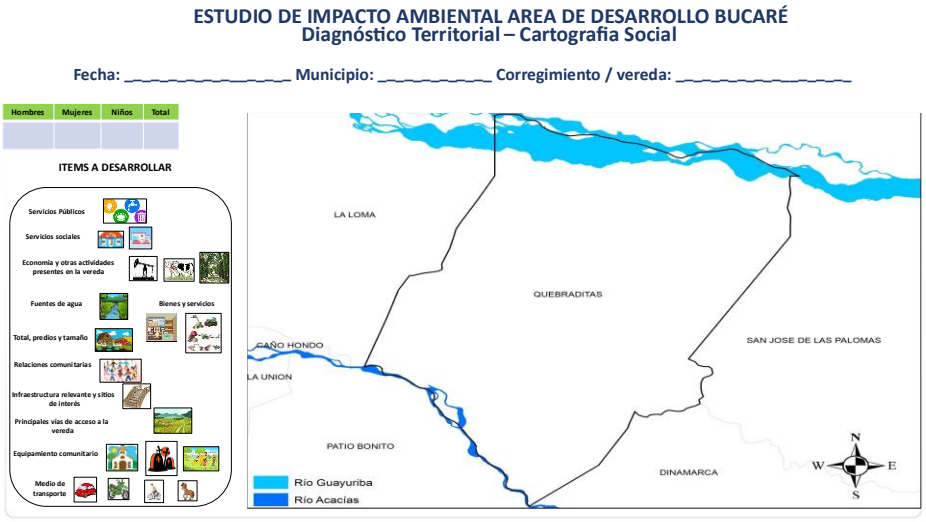
3. DIMENSIÓN ESPACIAL - SERVICIOS PÚBLICOS

obertura acueducto (%)		Calidad	MB	B	R	M	¿Por qué?	

Fotografía 1-62 Formato de caracterización medio socioeconómico
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.4.2 Cartografía social

La cartografía social, es una herramienta cualitativa que facilita la participación de las personas, propicia el intercambio de conocimiento y la recolección de información espacial importante para el diagnóstico, permite el encuentro social y se constituye en un espacio fundamental de reconocimiento del otro, de la historia colectiva, de la cultura y de sus intereses o necesidades. (Ver **Fotografía 1-63**).



Fotografía 1-63 Cartografía Social
Fuente: SGI SAS,2025

La guía para la elaboración de la Cartografia social fue la siguiente: Por unidad territorial se les entregó el croquis de la unidadpara facilitar la actividad y se ubicó en este los elementos relacionados a continuación:

- Las vías de acceso (veredales y Nacionales)
- Límites veredales (Norte, sur, oriente y occidente
- Infraestructura Social (Escuelas, iglesias, Centros de Salud, parques, lugares recreativos, de reunión y otros.
- Fuentes hídricas (Nombre de Ríos, Caños Jagüeyes, entre otros.)
- Áreas de cultivos
- Áreas o reservas forestales
- Lugares donde has visto fauna silvestre
- Otros

✓ Calendario de actividades socioculturales

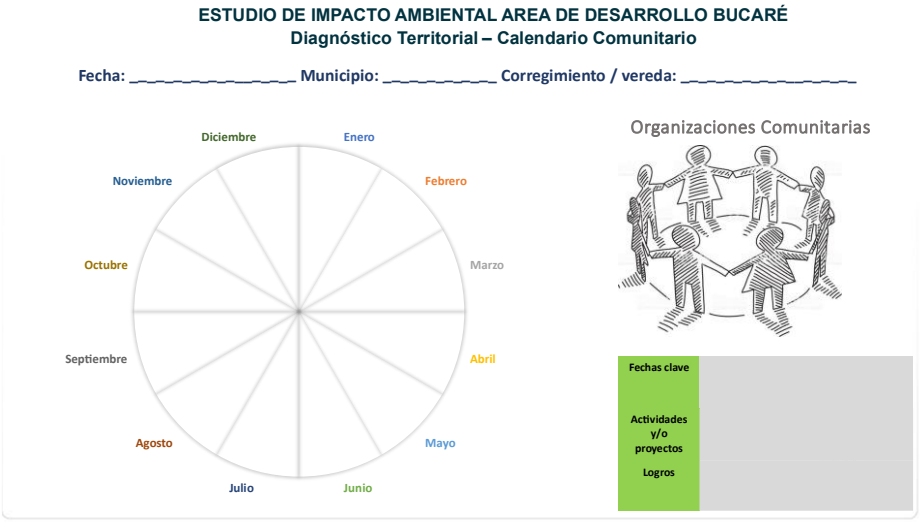
Este ejercicio permitió la identificación de las actividades comunes de los habitantes de cada unidad territorial del área de influencia del proyecto, los cuales relacionan las actividades de las comunidades por periodos de tiempo.

Este instrumento, así mismo, permite definir el nivel de ocupación de la población y las actividades económicas, recreativas y culturales de importancia para la comunidad y las fechas en las cuales se realizan. (Ver **Fotografía 1-64** Calendario Comunitario).

Las preguntas propuestas para el ejercicio se orientaron a identificar principalmente:

- Estaciones climáticas de cada uno de los meses (verano e invierno).
- Actividades económicas: cultivos industriales y de pancoger, actividades pecuarias (Comercialización).
- Actividades recreativas, culturales y festividades realizadas por la comunidad durante el año.
- Principales ocupaciones y actividades económicas de la población.
- Inicio y finalización de actividades educativas.

- Inicio y finalización de programas sociales.
- Eventos religiosos

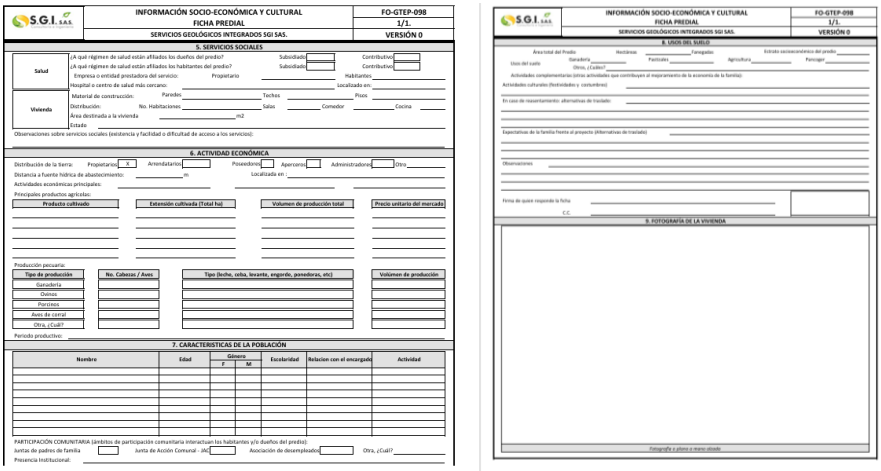


Fotografía 1-64 Calendario Comunitario
Fuente: SGI S.A.S, diciembre 2024

✓ Formato de ficha predial

Este instrumento de recolección de información permite identificar los predios que serán impactados por las actividades objeto del Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare, las actividades productivas y de infraestructura de cada uno de los predios en mención.

El diligenciamiento de este formato se realizó a través de un aplicativo con el propietario o encargado del predio, previo relacionamiento y proceso de información con el propietario o con quien se asigne por su parte; realizándose también registro topográfico georreferenciado. (Ver **Fotografía 1-65** Formato de ficha predial).



S.G.I. S.A.S.	INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA Y CULTURAL FICHA PREDIAL SERVICIOS GEOLÓGICOS INTEGRADOS SGI SAS.	FO-GTEP-098 1/1. VERSIÓN 0

5. SERVICIOS SOCIALES

Salud
¿A qué régimen de salud están afiliados los dueños del predio? Subsidiado Contributivo
¿A qué régimen de salud están afiliados los habitantes del predio? Subsidiado Contributivo
Empresa o entidad prestadora del servicio: Propietario Habitantes
Hospital o centro de salud más cercano: Localizado en:

Vivienda
Material de construcción: Paredes Techo Pisos
Distribución: No. Habitaciones Salas Comedor Cocina
Área destinada a la vivienda m2
Estado
Observaciones sobre servicios sociales (existencia y facilidad o dificultad de acceso a los servicios):

6. ACTIVIDAD ECONÓMICA

Distribución de la tierra: Propietarios X Arrendatarios Posesionero Aparceros Administradores Otra
Distancia a fuente hídrica de abastecimiento: m Localizada en:
Actividades económicas principales:
Principales productos agrícolas:

Producto cultivado	Extensión cultivada (Total ha)	Volumen de producción total	Precio unitario del mercado

Producción pecuaria:

Tipo de producción	No. Cabezas / Aves	Tipo (leche, cebo, levante, engorde, ponedoras, etc)	Volumen de producción
Ganadería			
Ovinos			
Porcinos			
Aves de corral			
Otra, ¿Cuál?			

Periodo productivo:

7. CARACTERISTICAS DE LA POBLACIÓN

Nombre	Edad	Género F	Género M	Escolaridad	Relacion con el encargado	Actividad

PARTICIPACIÓN COMUNITARIA (ámbitos de participación comunitaria interactuan los habitantes y/o dueños del predio):
Juntas de padres de familia Junta de Acción Comunal - JAC Asociación de desempleados Otra, ¿Cuál?
Presencia Institucional:

S.G.I. S.A.S.	INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA Y CULTURAL FICHA PREDIAL SERVICIOS GEOLÓGICOS INTEGRADOS SGI SAS.	FO-GTEP-098 1/1. VERSIÓN 0

8. USOS DEL SUELO

Área total del Predio Hectáreas Fanegadas Estrato socioeconómico del predio
Uso del suelo Ganadería Pastizales Agricultura Forrajear
Otros, ¿Cuáles?
Actividades complementarias (otras actividades que contribuyen al mejoramiento de la economía de la familia):
Actividades culturales (festividades y costumbres):
En caso de reasentamiento: alternativas de traslado:
Expectativas de la familia frente al proyecto (Alternativas de traslado)
Observaciones
Firma de quien responde la ficha
C.C.

9. FOTOGRAFÍA DE LA VIVIENDA

Fotografía y plano o croquis ubicado

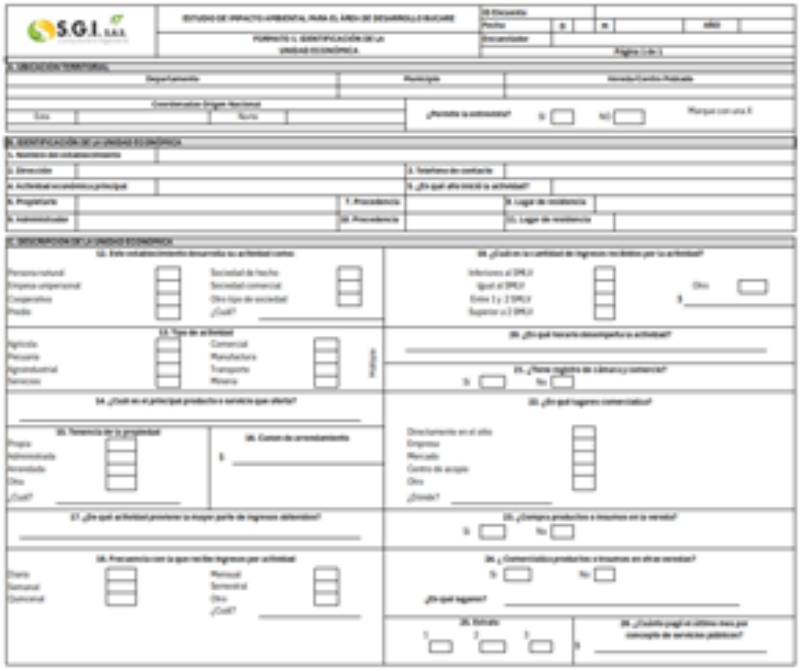
Fotografía 1-65 Formato de ficha predial
Fuente: SGI S.A.S, enero 2025.

✓ Censo económico

Este ejercicio permite caracterizar la relación de dependencia económica de las personas que laboran en las diferentes unidades económicas ubicadas al interior del Área de Influencia social y con ello, identificar el empleo que se ha generado hasta el momento de manera local y que pueda verse afectado por el proyecto. En el marco del desarrollo de dichas visitas se realizaron las siguientes actividades:

Charla informativa y explicativa al entrevistado del objetivo de realizar el censo económico y su importancia para el estudio de impacto ambiental que se está elaborando (Ver **Fotografía 1-66**).

Solicitud de datos e información mediante formato de caracterización según actividad económica vigente del entrevistado.



Fotografía 1-66 Formato de Censo dependencia Económica
Fuente: SGI S.A.S, enero 2025.

✓ Registro fotográfico y georreferenciación

Para el registro fotográfico se emplea las aplicaciones de Avenza como herramienta de captura de imágenes relacionadas con la infraestructura social y comunitaria existente en las unidades territoriales, así como vías, lugares de esparcimiento, cultivos, población, y el proceso de las reuniones de socialización con los grupos de interés.

Los registros fotográficos (se incluirán en el **Anexo/7. Anexo socioeconómico/7.2 Registro fotográfico**) serán parte de los insumos utilizados en la caracterización del medio socioeconómico; realizándose dicha actividad durante el recorrido en campo.

1.5.4.3 Metodología lineamientos de participación

El propósito de la metodología buscó el desarrollo de espacios de información y participación dinámicos, abiertos y específicos, convocando y garantizado la vinculación de los diferentes grupos de interés presentes en el área de influencia del Área de Desarrollo Bucare, es decir, comunidades, líderes, propietarios de predios, organizaciones sociales y representantes de la institucionalidad local de manera oportuna y eficaz durante la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental. En relación con este contexto propositivo, se formularon los siguientes escenarios:

- **Planeación** En esta fase se elaboró la propuesta metodológica, cronograma de actividades, revisión de antecedentes técnicos y sociales del entorno donde se desarrollará el Estudio de Impacto Ambiental, reuniones con Ecopetrol SA– SGI SAS para definición de lineamientos de relacionamiento en territorio, solicitud y revisión de información secundaria, local y regional, identificación y análisis de los actores presentes en territorio.
- **Avanzada:** Acercamiento informal a líderes y representantes de las comunidades y autoridades locales con el objeto de divulgar el inicio del EIA y la estrategia informativa y participativa propuesta durante la Elaboración de este.

- **Momento-1:** Divulgación del alcance de la elaboración del EIA; estrategias de desarrollo, actividades a licenciar del EIA en el Área de Desarrollo Bucare, mediante el desarrollo de espacios informativos participativos lúdicos.
- **Momento-2:** Reuniones Informativas y Participativas a través de la realización de conversatorios tipo feria y banner para la identificación de impactos y formulación de medidas de manejo ambiental para la evaluación ambiental del EIA para el Área de Desarrollo Bucare.
- **Momento-3:** Divulgación de resultados del EIA, a través de dos escenarios; espacios informativos participativos abiertos, con comunidades (Feria Informativa); y reuniones informativas participativas específicas con la institucionalidad local, agremiaciones y regional.

✓ Avanzada y reconocimiento del área de influencia del proyecto

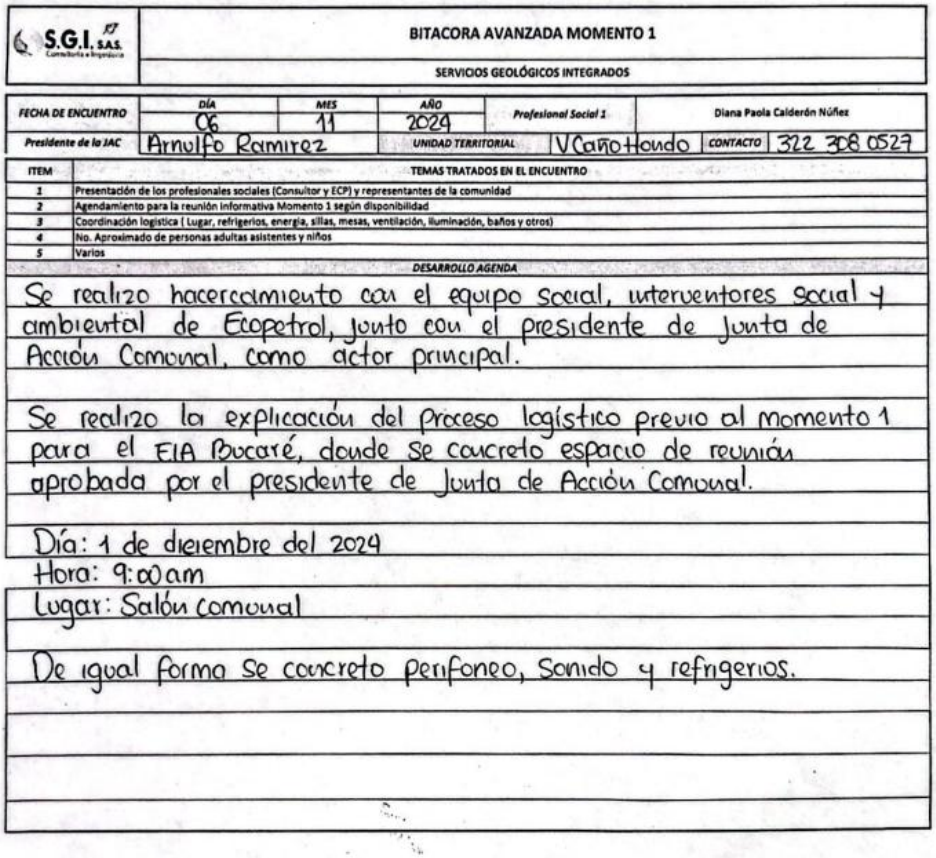
La instancia denominada **Avanzada**, contó con el acompañamiento del equipo de Transformación del Territorio de Ecopetrol S.A. quienes previamente concertaron esos encuentros telefónicamente con los diferentes presidentes de las JAC de las veredas del área de influencia y correspondió al acercamiento informal dirigido a líderes comunitarios y/o representantes comunitarios con los siguientes propósitos:

- ✓ Reconocimiento del territorio (vías, infraestructura social presente, limites veredales, puntos de uso de aprovechamiento de recursos naturales), con el fin de ir definiendo la inclusión o no de nuevas unidades territoriales.
- ✓ Presentar el inicio de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y los profesionales sociales de la empresa consultora a cargo de este proceso; SGI Servicios Geológicos Integrados SAS. ante los miembros de las JAC. De acuerdo con el lineamiento de Ecopetrol SA, se realizó el respectivo agendamiento de los espacios informativos teniendo en cuenta las dinámicas del entorno social.
- ✓ Se relató el contexto formulado para los procesos de información y participación; sus momentos o fases, estrategias para la divulgación y logística.
- ✓ Igualmente se planteó la actualización y la verificación de la presencia de otros actores clave, su posición frente al proyecto y se indago sobre otros posibles canales de información y comunicación que ayudaron a una mejor divulgación de la información del proyecto.

Se estimó necesario aclarar que, aunque se propuso un acercamiento inicial con los actores sociales del área de influencia el mismo no tiene como objetivo brindar información sobre el alcance técnico del proyecto sino solo la presentación de los profesionales de la consultoría y de las actividades que se adelantaron durante la avanzada, ello, con el propósito de evitar molestias o quejas de parte de las autoridades o la comunidad por la presencia de personal del equipo Consultor en el área.

Con la identificación de los grupos de interés y actualización de base de datos: De acuerdo con los TdR y la Metodología para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (ANLA, 2018), se identificaron los actores sociales del área de influencia fase previa , los cuales comprenden a las autoridades de orden regional y municipal así como también, las organizaciones sociales de carácter comunal correspondiente a las unidades territoriales del área de influencia como lo son las organizaciones de base o Juntas de Acción Comunal –JAC. Con base en esto, se actualizó la información de contacto, corroborando esta información mediante acercamiento presencial a la Alcaldía municipal.

Igualmente se realizó el acercamiento a los representantes de las Juntas de Acción Comunal (JAC) de las veredas y centros poblados del área de influencia, para concertar fecha, hora y lugar en los cuales se realizaría la reunión informativa. Es importante mencionar que, se indagó con ellos sobre los días de la semana y las horas en los cuales la comunidad tenía mayor facilidad para asistir a la actividad, esto considerando que existen dinámicas propias en cada una de las unidades territoriales menores, determinando así, la disponibilidad de tiempo de los habitantes. Los diversos encuentros se elaboraron una bitácora avanzada momento 1 (**Ver Anexo 7/7.5 Lineamientos de participación)**



S.G.I. S.A.S.

BITACORA AVANZADA MOMENTO 1

SERVICIOS GEOLÓGICOS INTEGRADOS

FECHA DE ENCUENTRO	DÍA	MES	AÑO	Profesional Social 1	Diana Paola Calderón Núñez
	06	11	2024		
Presidente de la JAC	Arnulfo Ramirez		UNIDAD TERRITORIAL	V Caño Hondo	CONTACTO 322 308 0527

ITEM	TEMAS TRATADOS EN EL ENCUENTRO
1	Presentación de los profesionales sociales (Consultor y ECP) y representantes de la comunidad
2	Agendamiento para la reunión informativa Momento 1 según disponibilidad
3	Coordinación logística (Lugar, refrigerios, energía, sillas, mesas, ventilación, iluminación, baños y otros)
4	No. Aproximado de personas adultas asistentes y niños
5	Varios

DESARROLLO AGENDA

Se realizo hacercamiento con el equipo social, interventores social y ambiental de Ecopetrol, junto con el presidente de Junta de Acción Comunal, como actor principal.

Se realizo la explicación del proceso logístico previo al momento 1 para el EIA Bucaré, donde se concreto espacio de reunión aprobada por el presidente de Junta de Acción Comunal.

Día: 1 de diciembre del 2024
Hora: 9:00 am
Lugar: Salón comunal

De igual forma se concreto perifoneo, Sonido y refrigerios.

Figura 1-116 Bitácora Avanzada momento 1 EIA para el Área de Desarrollo Bucare. Fuente: SGI S.A.S, diciembre 2024

1.5.4.4 Piezas comunicativas y divulgación

Para los espacios participativos e informativos, se realizó de la siguiente manera:

Volante: Se elaboró de acuerdo con el lineamiento y aprobación previa del área de comunicaciones de Ecopetrol S.A. y se entregará predio a predio a los habitantes de la unidad territorial que hace parte del área de interés como invitación a las reuniones informativas programadas.
Carteles Informativos: Se elaboró de acuerdo con el lineamiento y aprobación previa del área de comunicaciones de Ecopetrol S.A. y se instalarán en lugares visibles y de fácil acceso de la unidad territorial que hace parte del área de interés como invitación a las reuniones informativas programadas.
Perifoneo: Una vez elaborada la pieza comunicativa y aprobado por el área de comunicaciones de Ecopetrol S.A., se iniciará el recorrido por la unidad territorial de fácil acceso informando e invitando a la comunidad a la reunión informativa indicando fecha, lugar y hora.

✓ Momento - 1

El Momento - 1, enmarcó el primer proceso de información y participación legítimo con todos los actores comunitarios e institucionales en el área de interés; para este primer Momento, se contemplaron los siguientes objetivos esenciales:

✓ Divulgar los contenidos fundamentales para la elaboración del EIA en sus componentes Abiótico, Biótico y Socioeconómico.
✓ Promover espacios de información y participación con los diferentes grupos de interés durante la construcción del EIA.

Así, en línea con los objetivos planteados, se desarrollaron las siguientes actividades:

✓ **Reuniones informativas dirigidas a los grupos de interés (institucionalidad y comunidades del área de influencia)**

Las reuniones informativas hicieron parte de la metodología propuesta por SGI S.A.S. para este primer momento, con el objetivo de divulgar los temas, contenidos y realizar actividades relacionadas con la estrategia comunicativa. Estos escenarios se concretaron y fueron producto de las siguientes actividades, espacios, elementos, que garantizaron el desarrollo y ejecución de estos:

✓ Convocatoria a través de Oficios, Afiches en puntos físicos, Volantes, Perifoneo y vía plataforma digital WhatsApp.
✓ Espacios físicos comunitarios, equipos electrónicos actividad lúdica; zona de niños; papelería, mesas y silletería.

➢ **Cronograma**

Las reuniones informativas, se programaron para desarrollarse con la institucionalidad y comunidades del área de influencia entre el miércoles 20 al 30 de noviembre y el viernes 6 de diciembre de 2024 de acuerdo con la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 1-143 Cronograma para el desarrollo de las reuniones informativas en el Momento -1

CRONOGRAMA PARA EL DESARROLLO DE LAS REUNIONES INFORMATIVAS EN EL MOMENTO-1				
No	**Comunidad**	**Fecha**	**Hora**	**Lugar**
1	Personería	Miércoles, 20 de noviembre	8AM	Oficina Personería
2	Institucionalidad	Jueves 21 de noviembre	2:30 PM	Oficina de Participación Ciudadana – OPC Ecopetrol S.A.
3	Vereda Quebraditas	Viernes 22 de noviembre	3PM	Polifuncional de la Escuela
4	Vereda La Unión	Sábado 23 de noviembre	9 AM	Escuela de la vereda La Unión
5	Vereda Montelibano	Sábado 23 de noviembre	2 PM	Caseta Comunal
6	Vereda La Primavera	Domingo 24 de noviembre	9:30 AM	Escuela de la vereda La Primavera
7	Vereda San Cayetano	Domingo 24 de noviembre	2PM	Caseta Comunal
8	Vereda Patio Bonito	Viernes 29 de noviembre	4PM	Escuela de la vereda Patio Bonito
9	Vereda Montelibano Sector Bajo	Sábado 30 de noviembre	9AM	Salón Comunal
10	Vereda Loma	Sábado 30 de noviembre	3PM	Casa del presidente
11	Vereda Caño Hondo	Domingo 1 de diciembre	9 AM	Kiosco Comunal
12	Vereda El Triunfo	Domingo 1 de diciembre	2 PM	Escuela de la vereda El Triunfo

CRONOGRAMA PARA EL DESARROLLO DE LAS REUNIONES INFORMATIVAS EN EL MOMENTO-1				
No	**Comunidad**	**Fecha**	**Hora**	**Lugar**
13	Vereda Santa Rosa	Viernes 6 de diciembre	4 PM	Salón comunal

Fuente: SGI SAS, 2025

- **Momento – 2 DE INFORMACION Y PARTICIPACION**

El Momento-2, se basó en una estrategia de las RIPA Reuniones Informativas Participativas Abiertas, las cuales se realizaron a través de talleres para identificar impactos y formular medidas de manejo ambiental en los escenarios Con y Sin Proyecto.

Para los Talleres de identificación de impactos y formulación de medidas de manejo ambiental, se desarrollaron 12 espacios con la representación de la comunidad. En estos se circunscribieron las Juntas de Acción Comunal, asociaciones, líderes y representantes de índole ambiental, y comunitaria.

Se realizó convocatoria en cada una de sus unidades territoriales, de forma telefónica, WhatsApp, carteleras, perifoneo y convocatoria predio a predio (volanteo) en algunos predios dispersos del AI del proyecto.

Para el desarrollo del Taller de Impactos, se realizó en primera instancia una exposición introductoria del EIA y alcance de actividades a licenciar, se complementaron con 3 videos explicativos acerca de como se elabora un EIA, El ciclo de los hidrocarburos y la defincion de impactos, además de la explicación de conceptos como impacto, medidas de manejo y criterios para su evaluación; dinamizando dicha explicación con actividades didácticas, para la identificación de impactos tanto del escenario SIN PROYECTO como CON PROYECTO (agregando a la matriz de identificación de impactos con proyecto la columna de medidas de manejo); dicha actividad se realizó en plenaria entre comunidad y profesionales técnicos y sociales de la empresa (SGI S.A.S) moderadora de la actividad.

Para el escenario SIN PROYECTO la comunidad (de cada vereda), a partir de actividades socioeconómicas y culturales propuestas, en plenaria se identificó y clasificó cada impacto asociado a las actividades identificadas, identificando los impactos presentes actualmente con las actividades desarrolladas , en los tres componentes Abiotico, Biotico y Socioeconomico (utilizando para ellos post it). En esta actividad se dio el espacio para que también la comunidad incluyera actividades adicionales a las propuestas para el taller.

Para el escenario CON PROYECTO, se utilizó el mismo esquema para la identificación de impactos, pero dividida por positivo, negativo y medidas de manejo, relacionando para cada elemento los posibles impactos y partir de esto, de acuerdo con las diferentes etapas del proyecto, al igual que el escenario SIN PROYECTO, la comunidad identifico dichos impactos como positivos o negativos y el grado incidencia de estos para el medio o la comunidad.

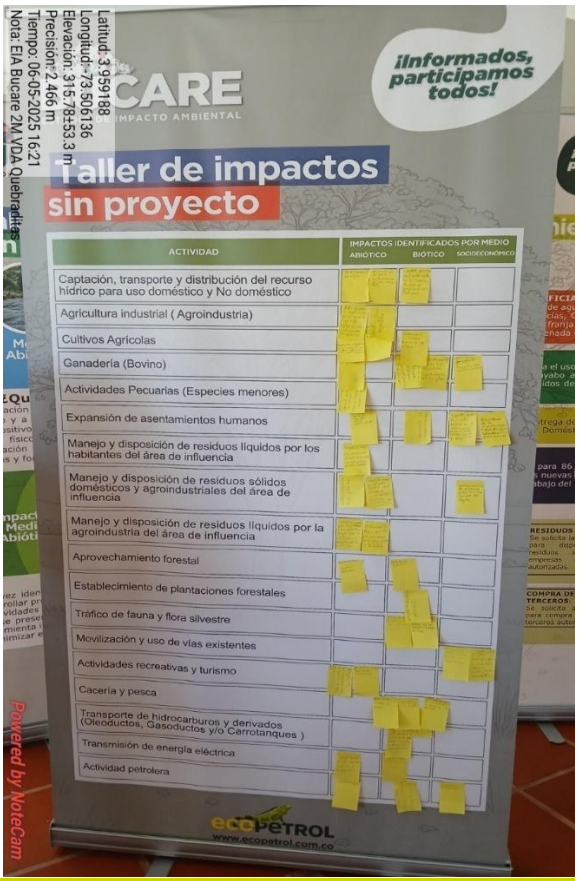
El taller de identificación de impactos con actores institucionales consistió en presentar la metodologia que se estaba implementando con actores comunitarios, sociales y prediales del área de influencia, para la verificación de impactos y medidas de manejo identificados y, complementarlo de ser necesario desde su conocimiento.

Considerando dentro de cada taller de identificación de impactos las percepciones y comentarios de los diferentes actores sociales en torno a la identificación y evaluación de impactos. Los soportes de esta actividad se pueden consultar en el **Anexo 7/Anexo socieconomico/7.5 Lineamientos de participacion/7.5.2 Momento 2.**

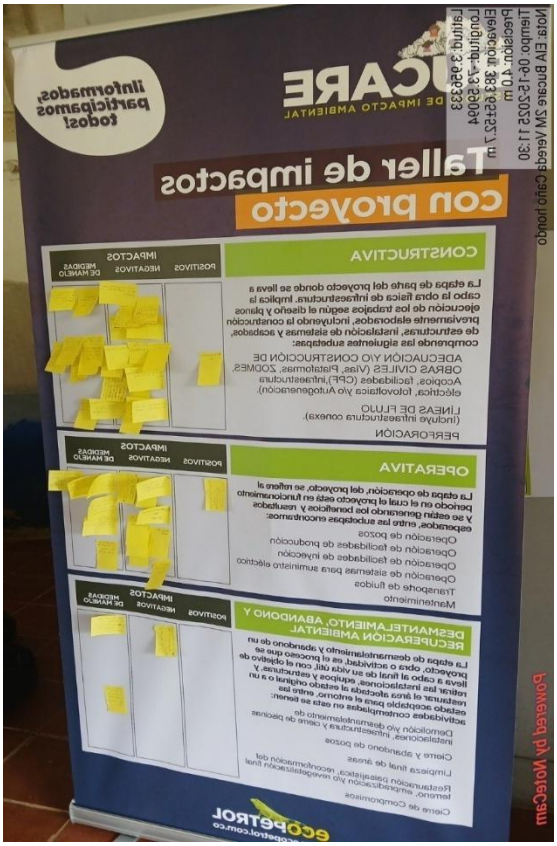
Durante cada encuentro con las comunidades, se desarrolló la siguiente agenda de trabajo:

- Presentación de los participantes
- Proyección del video: El ciclo de producción de los hidrocarburos
- Socialización del objetivo de la reunión
- Contextualización de los proyectos liderados por Ecopetrol
- Explicación sobre los procesos de licenciamiento ambiental
- Proyección del video: ¿Qué es un Estudio de Impacto Ambiental?
- Presentación de la localización y el área de influencia del proyecto
- Proyección del video: Impactos y medidas de manejo
- Espacio de evaluación participativa
- Información sobre canales de atención y comunicación disponibles

Se llevaron a cabo los acercamientos y respectivos encuentros con autoridades, líderes comunitarios y comunidad en general, apoyados por medio de una agenda previamente concertada; presentación en video, Paneles y acompañado por la información de cada uno de los medios del área de influencia con Banner tipo lienzo de impactos Con y Sin proyecto.



Fotografía 1-67 Banner Identificación impactos sin proyecto
Fuente: SGI SAS 2025



Fotografía 1-68 Banner Identificación impactos con proyecto
Fuente: SGI SAS 2025

El cronograma concertado con las diferentes unidades territoriales de las 12 veredas áreas de influencia del proyecto, 1 con institucionalidad y 1 espacio con asociaciones y agremiaciones esto se muestra en la **Tabla 1-144**.

Tabla 1-144 Cronograma Momento 2

CRONOGRAMA PARA EL DESARROLLO DE LAS REUNIONES INFORMATIVAS EN EL MOMENTO-2				
No	**Comunidad**	**Fecha**	**Hora**	**Lugar**
1	Vereda Quebraditas	jueves, 5 de junio de 2025	2:00pm	Polifuncional de la Escuela
2	Vereda Montelíbano Sector Bajo	viernes, 6 de junio de 2025	2:30pm	Salón Comunal
3	Vereda El Triunfo	sábado, 7 de junio de 2025	8:30am	Escuela de la vereda El Triunfo
4	Vereda Montelíbano	sábado, 7 de junio de 2025	2:00pm	Caseta Comunal
5	Vereda Santa Rosa	domingo, 8 de junio de 2025	8:30am	Salón comunal
6	Vereda San Cayetano	domingo, 8 de junio de 2025	2:00pm	Caseta Comunal
7	Vereda La Unión	viernes, 13 de junio de 2025	2:00pm	Parque comunal AIZA
8	Vereda La Primavera	sábado, 14 de junio de 2025	8:30am	Escuela de la vereda La Primavera
9	Vereda Loma	sábado, 14 de junio de 2025	2:00pm	Salón Casino - Agropecuaria Lo Loma
10	Vereda Caño Hondo	domingo, 15 de junio de 2025	8:30am	Kiosco Comunal
11	Vereda Patio Bonito	domingo, 15 de junio de 2025	2:00pm	Escuela de la vereda Patio Bonito
12	Vereda Dinamarca	Sábado, 06 de septiembre de 2025	9:00 am	Polideportivo del Centro Poblado
13	Alcaldía Municipio Acacias	Jueves 12 de Junio de 2025	10:30 am	Oficina Participación Ciudadana
14	Asociaciones y Agremiaciones	Viernes 05 de Septiembre de 2025	2:00 pm	Oficina Participación Ciudadana

SGI SAS 2025

Durante cada encuentro con las comunidades, se desarrolló la siguiente agenda de trabajo:

Presentación de los participantes
Proyección del video: El ciclo de producción de los hidrocarburos
Socialización del objetivo de la reunión
Contextualización de los proyectos liderados por Ecopetrol
Explicación sobre los procesos de licenciamiento ambiental
Proyección del video: ¿Qué es un Estudio de Impacto Ambiental?
Presentación de la localización y el área de influencia del proyecto
Proyección del video: Impactos y medidas de manejo
Espacio de evaluación participativa
Información sobre canales de atención y comunicación disponibles

- **Momento – 3**

Se realizó la divulgación y entrega de resultados del Estudio de Impacto Ambiental Area de Desarrollo Bucare a las autoridades y comunidades del área de influencia del proyecto, con el cumplimiento de los siguientes objetivos:

1. Ingreso, resumen lineamientos de participación
2. Descripción de proyecto (Área de Influencia, Estrategias de desarrollo y zonificación)
3. Resultados abiótico Caracterización ambiental (Civil, Geología, suelos, Cap. Usos y usuarios, Uso y aprovechamiento, Calidad del agua, Hidrología, ocupaciones de cauce, clima)

4. Resultados Caracterización Biótica (Paisaje, Flora, Fauna, servicios ecosistémicos)
5. Resultados Caracterización Socioeconómica (Dimensiones, asistencia 1M y 2M, y Arqueología)

6. Evaluación Impactos (PMA, PSM, Resultados de impactos sin y con proyecto)
7. Plan de abandono y restauración Final, Plan de Inversión forzosa no menos del 1%, Plan de compensación por el medio Biótico.
8. Espacio para preguntas

Se llevaron a cabo los encuentros con autoridades, líderes comunitarios y comunidad en general, apoyados por medio de una agenda previamente concertada; presentación en PowerPoint, puntos de información predio a predio, agenda de resultados y acompañado por ayudas audiovisuales.



Fotografía 1-69 Biombos
Fuente: SGI SAS 2025



Fotografía 1-70 Agenda
Fuente: SGI SAS,2025

➢ **Fase post-Campo**

Una vez culminada la etapa de campo, se analiza la información obtenida, iniciando por su organización y clasificación, para luego comparar información secundaria con la de campo, y generar análisis, procesamiento y resultados correspondientes.

La aplicación de la metodología aquí presentada se detalla en el aparte de caracterización socioeconómica, tanto con los resultados obtenidos, como con la referencia de la ubicación de los anexos (Ver **Anexo 7/ 7.5 Lineamientos de participación**), los cuales soportan todas y cada una de las actividades realizadas en el marco del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Área de Desarrollo Bucare.

1.5.5 Paisaje

La metodología implementada para la ejecución de este componente se desarrolló en cumplimiento con los Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de explotación de hidrocarburos (HI-TER-1-03) acogidos mediante la Resolución 1543 del 6 de agosto de 2010 y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (ANLA,2018),adoptada mediante resolución 1402 y Resolución 629, expedidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS.

1.5.5.1.1 Pre-campo

Se realizó una revisión del área de influencia preliminar, esto para identificar atributos visuales que podrían constituir sitios de interés paisajístico de tipo natural y/o cultural mediante la revisión de imágenes satélite de apoyo. Durante el proceso se identificó la presencia de centros poblados, vías, trochas, caminos y/o cualquier punto de observación, y así determinar los puntos de control para la fase de campo.

1.5.5.1.2 Campo

En la fase de campo se realizó la recolección de información correspondiente a percepción social del paisaje. En esta se buscó obtener información puntual de la comunidad residente y/o turista presente área de influencia.

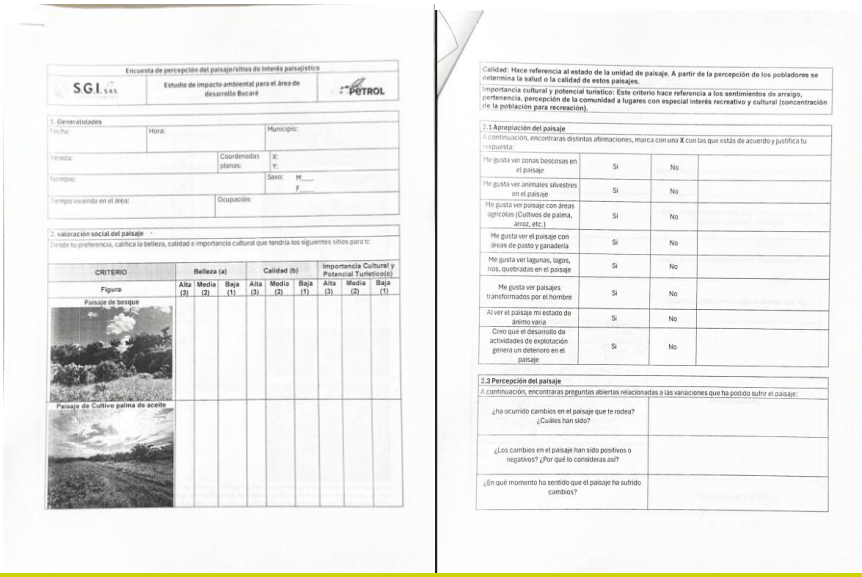


Figura 1-117 Formato de encuestas Paisaje
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Dicho instrumento de recolección de información se enfocó en dos aspectos principalmente, uno relacionado con la identificación de los sitios de interés paisajístico existentes en la región (sitios de interés paisajísticos, sitios de interés económico y sitios de interés histórico), y segundo enfocado a

establecer desde el punto de vista de las comunidades, los cambios del paisaje y los efectos que podría conllevar el desarrollo de la modificación del proyecto dentro del contexto paisajístico actual.

Posteriormente, tras su identificación, estos sitios de interés se registrarán mediante el formato teniendo en cuenta para esto su ubicación vía coordenadas, nombre del sitio y su registro fotográfico.

1.5.5.1.3 Post-campo

1.5.5.1.3.1 Identificación de las unidades del paisaje

Las unidades de paisaje (UP), se entienden como divisiones espaciales, que cubren el territorio a estudiar, en el contexto regional. Es de esta manera, que una UP constituye una agregación ordenada y coherente de partes elementales (Escribano et al., 1991 en Muñoz-Pedreros, 2004). Según lo anterior, estas unidades se caracterizan por presentar una identidad común que las agremia, y que, a su vez, exponen elementos de interés visual, con funcionalidades ecosistémicas y beneficios socioeconómicos para las comunidades.

En esta fase se determinaron las unidades de paisaje (UP) definidas como porciones del territorio con un mismo carácter paisajístico (MADS, 2010), mediante la superposición cartográfica entre la capa resultante del mapa de coberturas de la tierra identificadas a través de la Metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia y ajustada al área de trabajo a una escala 1:10.000 y la capa de geomorfología del área de influencia del proyecto, dicho procedimiento se desarrolló con la utilización del Software ArcGis Versión 10.8.

Una vez determinadas las unidades del paisaje, se evaluaron los siguientes los criterios visuales:

- **Análisis de visibilidad y escala visual**

El análisis de la visibilidad se realizó con base al rango visual de las unidades de paisaje desde los puntos de observación los cuales se definieron como: zonas con alta densidad poblacional, áreas de fácil acceso, y zonas de desplazamiento continuo de pasajeros y turistas. La determinación de los niveles de visibilidad de las UP identificadas se realizaron de acuerdo con la **Tabla 1-145.**

Tabla 1-145 Rangos de visibilidad y escalas visuales

NIVEL	RANGO DE VISIBILIDAD	LONGITUD DE CAMPO VISUAL (Km)
Plano cercano/ Primer plano	Corta: donde el observador tiene una participación directa y percibe todos los detalles inmediatos	0,1 a 1
Plano medio/ Plano intermedio	Media: donde las individualidades del área se agrupan para dotarla de carácter. Es la zona donde los impactos visuales producidos por las actuaciones son mayores.	1 a 3
Plano lejano/ Segundo plano	Larga: Se pasa del detalle a la silueta. Los colores se debilitan y las texturas son casi irreconocibles.	>3

Fuente: Morláns, 2005 y United States Department of Agriculture, 1995

- **Análisis de calidad paisajística: criterios visuales**

Los criterios visuales se definen como el conjunto de rasgos o componentes que caracterizan visualmente un paisaje y que pueden ser utilizadas para su análisis y diferenciación (Smardon, 1986). Estos atributos se determinarán desde el punto de observación del espectador, hasta el punto de

visibilidad del objeto de estudio. Es decir que se determinará qué tan lejano se encuentra el punto de observación definiendo los siguientes criterios: plano cercano, plano medio y plano lejano.

Estos criterios visuales incluirán: calidad visual, fragilidad visual, atractivo escénico, nivel de interés, correspondencia cromática, integridad escénica, elementos discordantes, tamaño de la discordancia y correspondencia cromática, los cuales se determinaron por unidad de paisaje.

- ✓ Calidad visual

La calidad visual para cada una de las unidades de paisaje se determinó a través de la metodología de Bureau Land Management (BLM, 1980). Esta calificación se realizará como se observa en la **Tabla 1-146** a partir de los atributos: morfología, vegetación, agua, color, fondo escénico, rareza y actuaciones humanas, para cada unidad de paisaje previamente identificada.

De esta manera, a cada componente se le asignaron un puntaje según los criterios de valoración y la suma total de los puntajes parciales precisó la clase de calidad visual, mediante la comparación con una escala de referencia (**Tabla 1-147**).

Tabla 1-146 Criterios de evaluación para determinar la calidad visual

COMPONENTE	CRITERIOS VISUALES	PUNTUACIÓN
Cobertura vegetal	Vegetación con alto grado de estructuración, diversas formas y texturas, y alta densidad.	5
	Coberturas con características escénicas comunes, formas y texturas planas y menor densidad.	3
	Coberturas altamente intervenidas con baja o nula estructura, formas y texturas artificiales.	1
Grado de intervención	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	5
	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	3
	Modificaciones intensas y/o extensas que reducen o anulan la calidad escénica.	1
Cuerpos de agua	Factor dominante en el paisaje, limpia, clara, aguas blancas, rápidos y cascadas, o láminas de agua en reposo, permanentes.	5
	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje, permanente.	3
	Ausente o inapreciable, contaminada, o temporal.	1
Relieve	Relieve muy montañoso, marcado prominentemente, o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistemas de dunas o bien presencia de algún rasgo singular o muy dominantes.	5
	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	3
	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular.	1
Elementos culturales	Presencia de elementos culturalmente importantes o sitios de interés paisajístico.	5
	Existen elementos culturales o sitios de interés paisajístico, pero no son valorados por los visitantes o se encuentran deteriorados.	3
	No hay elementos culturales de ningún tipo.	1

COMPONENTE	CRITERIOS VISUALES	PUNTUACIÓN
Viveza	Alta variedad de elementos en armonía, con alto grado de unidad, casi en balance y coherencia con el fondo escénico, que evocan sentimientos de tranquilidad y bienestar.	5
	Variedad de elementos, pero se observan intervenciones, fraccionamiento o desorden y un desbalance entre elementos.	2
	Poca o ninguna variedad de elementos, poca unidad o paisajes artificiales	1

Fuente: Bureau Land Management, 1980

Tabla 1-147 Valoración de calidad visual

VALORACIÓN	DETERMINACIÓN
Alto	Áreas singulares Características excepcionales para cada aspecto considerado, indican zonas con alta variedad de elementos que se combinan para proporcionar una calidad escénica excepcional (de 19 a 33 puntos)
Medio	Áreas comunes o típicas. Características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros, la combinación de los elementos da un carácter ordinario, aunque positivo al paisaje. (de 12 a 18 puntos)
Baja	Áreas deterioradas. Características y rasgos comunes a la región, baja calidad escénica.

Fuente: Bureau Land Management, 1980

- ✓ Fragilidad visual

La fragilidad paisajística se estableció como el grado de deterioro que el paisaje puede experimentar ante la incidencia de intervenciones específicas. Por lo que la capacidad de absorción visual (C.A.V.), se definirá como la capacidad que tiene el paisaje de absorber visualmente las alteraciones sin perder su calidad visual; es importante indicar que esta fragilidad se determinó a partir de la accesibilidad al área del proyecto, donde las zonas más cercanas a las vías y caminos presentaron una mayor susceptibilidad a los cambios, a diferencia de los espacios más distantes y alejados.

Luego de esto, se establecen los elementos y características por medio de los cuales se calificó la fragilidad visual o susceptibilidad del paisaje. Como se muestra en la Ecuación 1-9:

$$FV = (Fct * 0.2) + (Fih * 0.2) + (Ffg * 0.2) + (Fpen * 0.2) + (Fvis * 0.2)$$

Ecuación 1-9 Fragilidad visual

Donde:

- **FV**: Fragilidad visual de la unidad paisajística a evaluar
- **Fct**: Valor final de la fragilidad de la cobertura de la tierra
- **Fih:** Valor final de la fragilidad por intervención humana
- **Ffg**: Valor final de la fragilidad por fragmentación visual
- **Fpen**: Valor final de la fragilidad por la pendiente
- **Fvis**: Valor final de la fragilidad por visibilidad

De esta forma se definió el grado de fragilidad, entendiéndose como la capacidad del paisaje de absorber las alteraciones sin detrimento de su calidad visual, para cada una de las UP mediante la aplicación de la fórmula de acuerdo con los criterios de calificación que muestra la **Tabla 1-148**.

Tabla 1-148 Criterios de valoración de capacidad de absorción visual

FACTOR	CARACTERÍSTICAS	VALORES DE C.A.V.		FRAGILIDAD
		NOMINALES	NUMÉRICAS	
Complejidad y altura de la vegetación (Fct)	Coberturas densas altas. Poco intervenidos	Alta	1	Baja
	Coberturas medianas de porte bajo, intervenidas	Media	2	Media
	Arbustos, pastos limpios, matorrales, fuertemente intervenidos	Baja	3	Alta
Intervención humana (Fih)	Zonas fuertemente intervenidas	Alta	1	Baja
	Áreas intervenidas, pero no predominantemente; mantienen elementos naturales	Media	2	Media
	Poca o ninguna intervención antrópica	Baja	3	Alta
Fragmentación (Ffg)	Fuerte presencia antrópica, manchas, geometría, alta fragmentación	Baja	3	Alta
	Áreas medianamente homogéneas, con algunos parches	Media	2	Media
	Áreas homogéneas, unidades amplias, baja fragmentación	Alta	1	Baja
Pendiente (Fpen)	Inclinado	Bajo	5	Alta
	Inclinación suave	Media	3	Media
	Poco inclinado – plano	Alta	1	Baja
Visibilidad (Fvis)	Áreas con alta accesibilidad visual	Baja	5	Alta
	Áreas con accesibilidad visual moderada	Media	3	Media
	Áreas poco visibles o no visibles	Baja	1	Baja

Fuente: Yeomans, 1986; adaptado por Accafa SAS - Ucrós & Asociados Abogados, 2023.

Con los resultados de las calificaciones descritas anteriormente se determinó la fragilidad visual en donde a mayor capacidad de absorción visual tenga una unidad de paisaje menor será la fragilidad (**Tabla 1-149**).

Tabla 1-149 Fragilidad visual.

CATEGORIA	ESCALA
Bajo	1≤ FV ≤ 2,3
Moderado	2,3 < FV ≤ 3.7
Alto	FV > 3,7

Fuente: Aguilo,1981

- ✓ Atractivo escénico

Para la evaluación del atractivo escénico se consideraron tres (3) tipos de atractivos escénicos posibles dentro del contexto de análisis a saber, basados en la Metodología establecida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) como se muestra en la **Tabla 1-150**.

Tabla 1-150 Metodología para la determinación del atractivo escénico del paisaje según USDA (1995)

ATRACTIVO ESCÉNICO	DESCRIPCIÓN
Distinto	Calidad escénica única, inusual, extraordinaria. Presenta fuertes atributos positivos
Típico	Calidad escénica común y ordinaria. Presenta atributos positivos pero comunes
Indistinto	Baja calidad escénica. Atributos débiles o desaparecidos

Fuente: USDA,1995

- ✓ Integridad escénica

La integridad del paisaje indica qué tan intacto se encuentra un paisaje, esto relacionado con la ausencia o presencia de actividades antrópicas, que eventualmente modifican la condición natural del paisaje mediante la inclusión de elementos discordantes y/o transformaciones de las unidades de paisaje. Este constituyó un indicador de la condición estética del paisaje y se mide mediante una escala calificativa entre muy alto a bajo (**Tabla 1-151**).

Tabla 1-151 Metodología para definir el nivel de integridad escénica del paisaje en el área de influencia del proyecto

ESCALA	NIVELES DE INTEGRIDAD ESCÉNICA DEL PAISAJE	CONDICIÓN
Muy alta	El carácter valorado de la unidad de paisaje aparece intacto, con alteraciones mínimas. Los atributos que hacen el paisaje único e identificable se expresan en el nivel más alto posible de preservación	Inalterado
Alta	Se refiere a paisajes en los que el carácter del paisaje valorado aparece intacto. Pueden existir alteraciones en la forma, la línea, el color, la textura y en los patrones comunes al paisaje, pero en esta escala estas alteraciones no son evidentes	Parece inalterado
Moderada	En esta escala el carácter del paisaje valorado aparece ligeramente modificado. Los cambios notables permanecen visualmente subordinadas al carácter del paisaje que se está observando, es decir, que las alteraciones en la forma, la línea, el color, la textura y en los patrones comunes al paisaje se hacen evidentes, pero no son dominantes en la totalidad del paisaje	Levemente alterado
Baja	Constituido por unidades de paisajes en los que el carácter fue valorado como moderadamente alterado. Los cambios empiezan a dominar el carácter del paisaje valorado que se está observando. Estas transformaciones son evidentes también en otros atributos diferentes a los que se estaban valorando en el carácter moderado, tales como tamaño, forma efecto de borde, el patrón de aberturas naturales, cambios de tipo vegetativo o estilos arquitectónicos. Estas alteraciones no deben aparecer como otros atributos por fuera del paisaje que se está viendo, sino que deben ser compatibles o complementarias con el carácter al interior	Moderadamente alterado
Muy baja	El carácter de las unidades de paisaje valoradas aparece altamente intervenido. Las modificaciones pueden dominar fuertemente el carácter del paisaje valorado. Estas alteraciones dominan tanto el paisaje que ya no existen atributos que se puedan valorar, tales como el tamaño, la forma, el efecto de borde, sin embargo, estos cambios deberán estar formadas y mezcladas con el terreno natural (geoforma) para que esos elementos, tales como: bordes no naturales, carreteras y estructuras, no dominen la composición	Muy alterado

Fuente: Landscape Aesthetics, USDA.,1995

- ✓ Elementos discordantes

Los elementos discordantes dentro del contexto paisajístico corresponden a todo aquel elemento u objeto que se encuentre dentro del plano de visualización del paisaje que sea de origen antrópico, como, por ejemplo: las cercas con alambres de púas, señalizaciones, vallas informativas, red

eléctrica, carreteras, etc., y que genere impactos visuales negativos para el observador. Estos elementos, establecen los grados de intervención que se presentan en las unidades de paisaje estudiadas, dando como resultado los rangos de intervención que se establecen en cada unidad. La determinación de los elementos discordantes en las unidades de paisaje presentes en el área de influencia del proyecto se realizará con base a la descripción de la **Tabla 1-152**.

Tabla 1-152 Rangos de visibilidad y escalas visuales

ELEMENTOS DISCORDANTES	DESCRIPCIÓN
Alto	La unidad de paisaje analizada presenta tres o más elementos discordantes
Medio	La unidad de paisaje analizada presenta dos elementos discordantes
Bajo	Se evidencia en la unidad de paisaje la presencia de solo un elemento discordante
Nulo	La unidad de paisaje analizada no posee elementos discordantes

Fuente: Morláns, 2005 y United States Department of Agriculture,1995

- ✓ Tamaño de discordancia

El tamaño de discordancia se establece como la distancia a la cual es percibida dicha disconformidad y el impacto que esta genera frente a la calidad y atractivo escénico del paisaje.

El establecimiento del tamaño de la discordancia se realizó con base en los datos obtenidos previamente respecto a los elementos discordantes que se encontraron en las respectivas UP y su incidencia en la calidad visual e integridad escénica. 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, ante esto se tiene que en caso de que los elementos representan más del 30% de la unidad del paisaje el tamaño de la discordancia se clasifica como categoría alta.

- ✓ Correspondencia cromática

La correspondencia cromática evalúa la incidencia de las discordancias sobre la unidad de paisaje con relación a su color, por ende, entre mayor sea la correspondencia cromática de los elementos discordantes con el carácter del paisaje, menor será su incidencia sobre el mismo, y en su integridad escénica.

Dentro de este contexto la correspondencia cromática se estableció teniendo en cuenta los elementos discordantes presentes en el área de influencia del proyecto y su similitud y/o diferencia respecto a las unidades de paisaje analizadas.

1.5.5.1.3.2 Percepción social del paisaje

La percepción social del paisaje se determinó mediante la apreciación del paisaje de los habitantes y turistas y la importancia que estos lugares tienen dentro de su dinámica social. Se emplearon fuentes de información secundaria mediante la realización de encuestas semi estructuradas de percepción social del paisaje.

La recolección de información estará relacionada con la identificación de los sitios de interés paisajístico existentes en la región (sitios de interés históricos, sitios de interés económico, sitios de interés histórico y/o culturales y sitios de interés natural), y en establecer desde el punto de vista de las comunidades, los cambios del paisaje y los efectos que podría conllevar el desarrollo del proyecto dentro del contexto paisajístico actual.

1.5.5.1.3.3 Sitios de interés paisajismo

Los sitios de interés paisajístico pueden ser de tipo Natural y/o Cultural. Los sitios de interés paisajístico natural corresponden a aquellos lugares que generan interés de tipo estético y concibe en algunos un nivel de conciencia ambiental, por la importancia ecológica que estos lugares representan, los culturales están asociados a procesos históricos y culturales que se desarrollan dentro de la región. Se determinaron mediante fuentes de información secundaria, así como la realización de encuestas semi estructuradas de percepción social del paisaje mencionadas anteriormente.

1.5.5.1.3.4 Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico

Para el desarrollo del presente análisis se tuvieron en cuenta aspectos asociados con la presencia de elementos discordantes que inciden en la integridad de las unidades de paisaje analizadas.

Inicialmente se identificaron las actividades desarrolladas en el área de influencia sin intervención del proyecto y que intervienen en la calidad e integridad del paisaje, debido a la incorporación de elementos discordantes y actividades antrópicas que modifican las coberturas y/o geomorfología natural del paisaje, para esto se tiene en cuenta el análisis de calidad y fragilidad del paisaje realizado con anterioridad; esto con el objetivo de identificar las unidades de paisaje con mayor o menor intervención en el área de influencia.

Posteriormente y a partir de la información suministrada en la descripción del proyecto, se identifican las actividades del proyecto, localización y la incidencia de las obras a desarrollar y con esto identificar impactos a nivel paisajístico.

Una vez identificadas las actividades desarrolladas en el área de influencia sin y con intervención del proyecto, se procedió a realizar una comparación de ambos escenarios y así determinar las unidades de paisaje con mayor intervención por las actividades socioeconómicas de la zona y aquellas que podrían verse más afectadas por las obras del proyecto para los cuales se deban establecer herramientas de planificación adecuadas que busquen su prevención, corrección, mitigación y/o compensación.

1.5.5.1.3.5 Percepción de las comunidades respecto del valor paisajístico y de la relación de este con su cultura e identidad local y regional

Para el desarrollo del presente análisis se tuvo en cuenta la información recopilada de los sitios de interés, así como las regulaciones de orden local que permitan identificar espacios, entornos, prácticas y costumbres entre la o las comunidades y su entorno paisajístico.

1.5.5.1.3.6 Descripción de la Ecología del Paisaje

La visión e interpretación del paisaje según Forman (1986) se fundamenta en una aproximación de carácter estructural- morfológica y a la vez funcional, es decir la funcionalidad ecológica del paisaje podría verse influenciada por el cambio en la disposición y especialización de los elementos que componen el paisaje (es decir fragmento, matriz, y corredor); así la disposición de éstos, su cercanía o distanciamiento, es lo que determinan las características de cada paisaje y la heterogeneidad del mismo.

Dicha estructura del paisaje al interior del área de influencia del proyecto se estableció de acuerdo con las coberturas o tipos de hábitat presentes en el área de influencia del proyecto e identificada a

partir de la Metodología CORINE Land Cover, así mismo es fundamental tener en cuenta la relación entre las especies de fauna existentes y las coberturas de la tierra identificadas, la cuales permiten el análisis de condiciones de refugio, corredores y/o áreas con condiciones para el mantenimiento de la biodiversidad dentro del área de influencia del proyecto.

1.5.6 Servicios ecosistémicos

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.

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 Fuente especificada no válida..

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 Fuente especificada no válida.. 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.

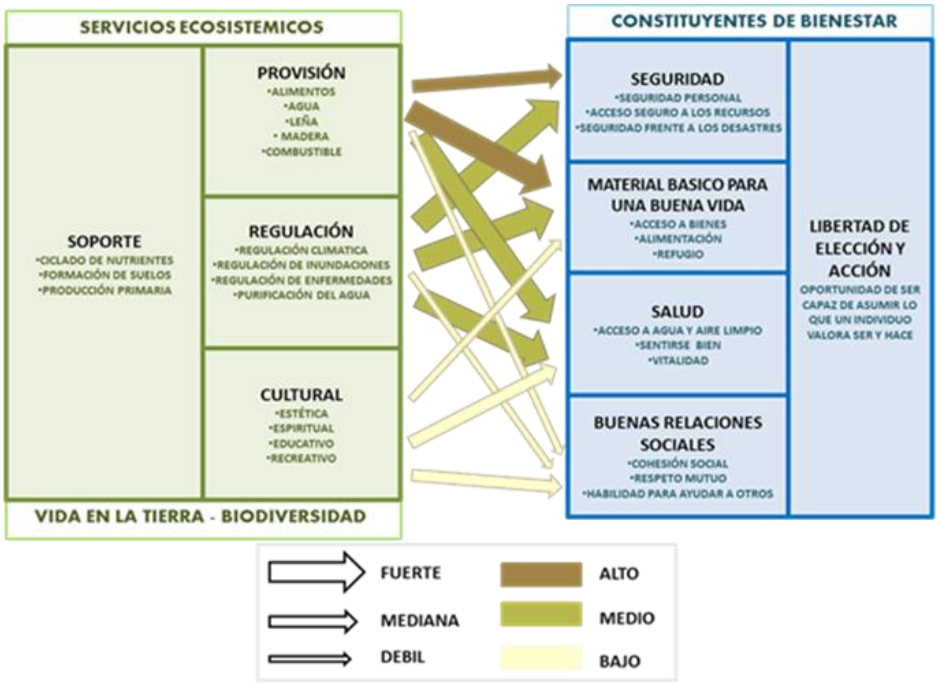


Figura 1-118 Integración de los servicios ecosistémicos y el bienestar humano
Fuente: SGI S.A.S, 2025

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.
La metodología implementada para la ejecución de este componente se desarrolló en cumplimiento con la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (2010), expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS.

1.5.6.1.1 Pre-campo

En la fase de pre-campo se realizaron las actividades de preparación conceptual y logística necesarias para el desarrollo del taller de información sobre servicios ecosistémicos. En primer lugar, se llevó a cabo una revisión de información secundaria del área de influencia, con el propósito de identificar la presencia de centros poblados, los principales usos del suelo y las actividades económicas desarrolladas en la zona. Esta revisión permitió reconocer de manera preliminar los posibles puntos para la recolección de información y anticipar cuáles servicios ecosistémicos podrían estar presentes en el área de influencia del proyecto.

Durante esta etapa pre-campo se elaboraron todos los insumos que facilitaron la implementación de las actividades asociadas al taller. En este sentido, se diseñó inicialmente un póster con ejemplos de posibles servicios ecosistémicos presentes en el área (ver **Figura 1-119**), ilustrando los casos más básicos y representativos, tales como servicios asociados al agua, la ganadería, la pesca, la caza, la agricultura y la belleza escénica del paisaje, entre otros. Este material tuvo como objetivo brindar a los participantes referentes visuales sencillos que facilitaran el reconocimiento de los servicios ecosistémicos a partir de sus propias experiencias cotidianas.

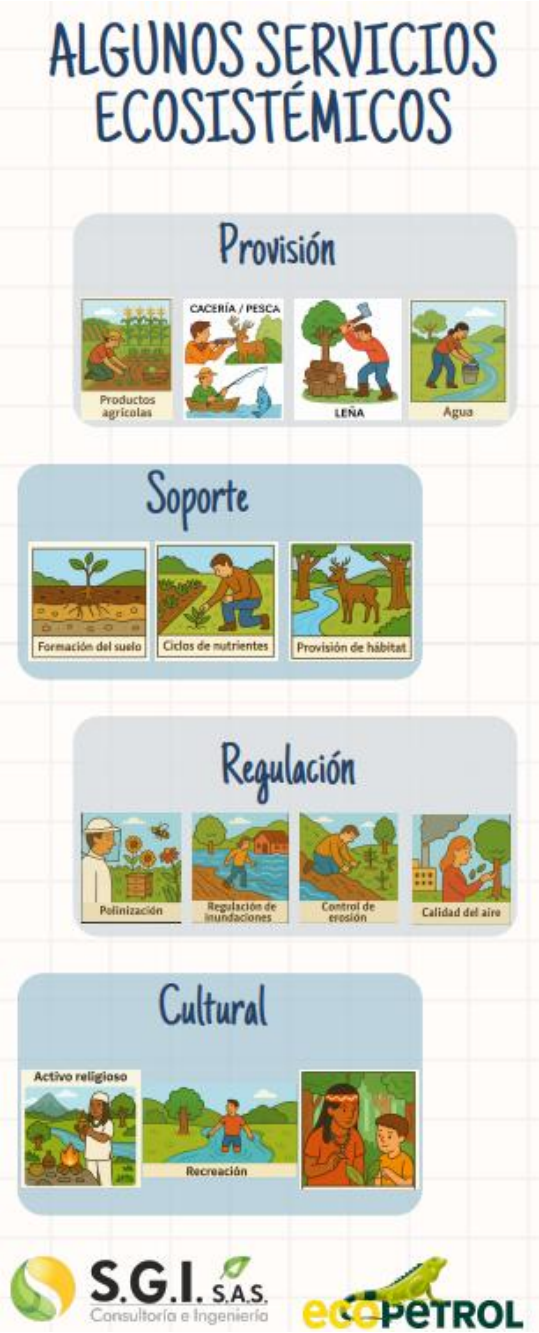


Figura 1-119 Ejemplos de algunos servicios ecosistémicos que pueden estar en el área
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Una vez definidos estos materiales visuales de apoyo para ejemplificar los servicios, se diseñó un roll-up orientado a explicar, de forma gráfica y sintética, las cuatro grandes categorías bajo las cuales se pueden agrupar los servicios ecosistémicos: aprovisionamiento, soporte, regulación y culturales. Este recurso permitió mostrar cómo cada categoría se articula con diferentes dimensiones del desarrollo y bienestar humano, facilitando la comprensión general del concepto por parte de los asistentes al taller (ver **Figura 1-120**).



Figura 1-120 Roll up diseñado para la explicación de las categorías de los servicios ecosistémicos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Por último, se elaboró el formato para la consignación de la información en campo durante cada uno de los talleres. Este documento consistió en una tabla diseñada para registrar, de manera ordenada, el servicio ecosistémico del que se está hablando, su estado percibido, el grado de dependencia de la comunidad frente a dicho servicio y su tendencia en el tiempo. Adicionalmente, se incorporó una casilla de observaciones que permite anotar detalles específicos asociados a cada servicio, tales como especies maderables aprovechadas, especies de peces que se pescan, cultivos presentes u otros elementos relevantes mencionados por los participantes (ver **Figura 1-120**). Este formato estandarizado facilitó la sistematización posterior de la información generada durante el taller.

Servicios ecosistémicos

Complete la tabla según la percepción sobre el servicio ecosistémico identificado.

Servicio Ecosistémico	Estado: Bueno Regular Malo	Dependencia: Alta Media Baja	Tendencia: Decreciente Estable Creciente	Observaciones
Agua				

Figura 1-121 Formato para la consignación de información asociada a los servicios ecosistémicos identificados.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Finalmente, se elaboró un mapa base para ser articulado en el ejercicio de cartografía social, en el cual la comunidad tendrá como objetivo identificar las áreas o zonas del territorio desde las cuales obtiene los diferentes servicios ecosistémicos dentro del área de influencia. Este mapa incluye elementos clave que facilitan la orientación y la lectura del territorio por parte de los participantes, tales como vías principales, límites veredales, coberturas de la tierra, nombres de los drenajes y construcciones relevantes, de manera que sirva como soporte visual para la localización precisa de los sitios asociados a cada servicio ecosistémico.

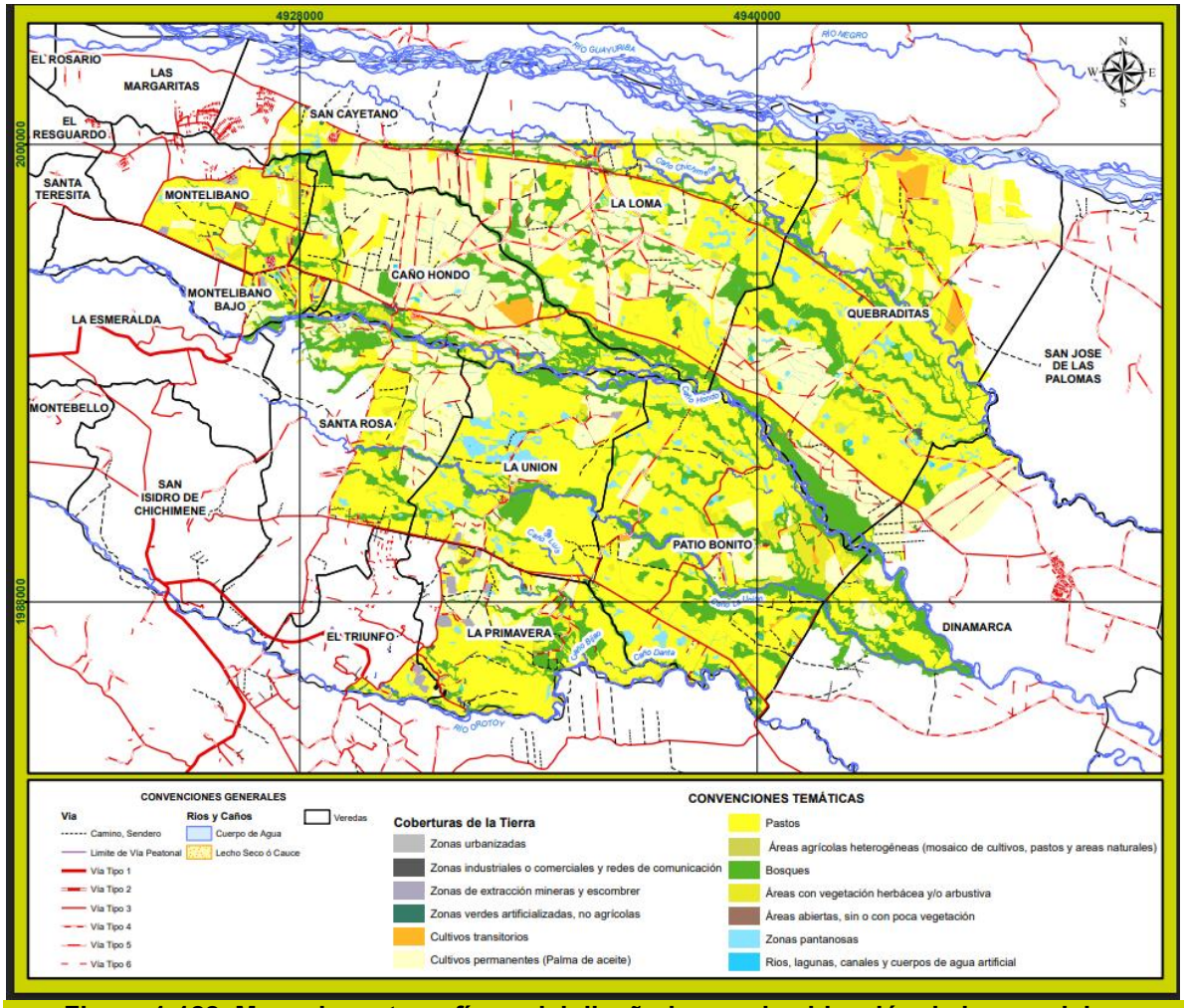


Figura 1-122 Mapa de cartografía social diseñado para la ubicación de los servicios ecosistémicos
Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.6.1.2 Campo

La fase de campo se desarrolló en el marco del Momento 2 de participación, mediante la realización de reuniones veredales que permitieron convocar a pobladores de todas las veredas sobre las cuales el proyecto ejerce influencia. Esta estrategia facilitó una participación amplia y diversa de la comunidad rural. El objetivo principal de esta fase fue avanzar en la caracterización específica de los servicios ecosistémicos a partir de información primaria suministrada por la comunidad, reconocida como beneficiaria directa de estos servicios y conocedora del estado actual de los SSEE presentes en su territorio.

A continuación, se presenta el cronograma empleado para el desarrollo de las reuniones informativas del Momento 2 de participación.

Tabla 1-153 Cronograma para el desarrollo de las reuniones informativas en el momento-2

No	Vereda	Fecha	Hora	Lugar
1	Quebraditas	Jueves, 5 de junio de 2025	2:00 pm	Polifuncional de la escuela
2	Montelibano-Sector Bajo	Viernes, 6 de junio de 2025	2:30 pm	Salon comunal

No	Vereda	Fecha	Hora	Lugar
3	El Triunfo	Sabado, 7 de junio de 2025	8:30 am	Escuela de la vereda El Triunfo
4	Montelibano	Sabado, 7 de junio de 2025	2:00 pm	Caseta Comunal
5	Santa Rosa	Domingo, 8 de junio de 2025	8:30 am	salón comunal
6	San Cayetano	Domingo, 8 de junio de 2025	2:00 pm	Caseta comunal
7	La Union	Viernes, 13 de junio de 2025	2:00 pm	Parque comunal AIZA
8	La Primavera	Sabado, 14 de junio de 2025	8:30 am	Escuela de la vereda La Primavera
9	La Loma	Sabado, 14 de junio de 2025	2:00 pm	Salón Casino – Agropecuaria La Loma
10	Caño Hondo	Domingo, 15 de junio de 2025	8:30 am	Kiosco comunal
11	Patio Bonito	Domingo, 15 de junio de 2025	2:00 pm	Escuela de la vereda Patio Bonito

Fuente: SGI S.A.S, 2025

1.5.6.1.2.1 Definición de los servicios ecosistémicos

Como punto de partida de la actividad, se realizó la presentación del equipo expositor y se explicó a los participantes el propósito del taller. A continuación, se desarrolló una introducción teórica sobre los servicios ecosistémicos, en la cual se presentaron las definiciones de los cuatro grandes grupos de servicios y su relación con el bienestar humano.

Para esta explicación se utilizaron los materiales visuales elaborados en la fase de pre-campo, en particular el roll-up ilustrativo de las categorías de servicios ecosistémicos y el póster con ejemplos representativos. Estos insumos mostraron de manera sencilla y gráfica qué se entiende por servicios de aprovisionamiento, soporte, regulación y culturales, además de ejemplos concretos presentes en el contexto local, como agua para consumo y riego, suelos para la producción, paisaje, pesca, ganadería y actividades recreativas.

Durante esta fase se buscó generar un contexto común de comprensión, de modo que las personas contaran con un marco conceptual básico sobre el tema que se abordaría en el resto del taller.



Fotografía 1-71 Explicación de que son los servicios ecosistémicos. Momento-2 de participación. Vereda Quebraditas
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

1.5.6.1.2.2 Identificación de los servicios ecosistémicos.

En la segunda fase del taller se procedió a la identificación participativa de los servicios ecosistémicos presentes en el entorno de cada vereda. Para ello se optó por una dinámica tipo foro,

ya que en muchos casos las comunidades rurales no se sienten cómodas escribiendo o presentan limitaciones para hacerlo, y se privilegia la oralidad como forma principal de expresión.

Durante el foro, los participantes fueron invitadas e invitados a mencionar los servicios ecosistémicos que reconocen en su territorio. A medida que iban surgiendo estos aportes, la persona facilitadora iba profundizando mediante preguntas orientadoras sobre el estado actual de cada servicio, el grado de dependencia de la comunidad y la tendencia percibida en el tiempo. De esta forma se recogieron no solo listados de servicios, sino también percepciones sobre su condición, importancia y cambios observados.

Toda la información generada en el foro se consignó de manera ordenada en el formato diseñado para tal fin, presentado en la **Figura 1-121**. Este formato permitió registrar el nombre del servicio, su estado, dependencia, tendencia y observaciones cualitativas asociadas, como especies aprovechadas, formas de uso o prácticas productivas vinculadas.



Fotografía 1-72 Explicación de que servicios ecosistémicos pueden encontrarse en el área de influencia. Momento-2 de participación. Vereda Quebraditas
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

1.5.6.1.2.3 Cartografia social

Una vez que los participantes contaban con un mayor bagaje sobre el concepto de servicios ecosistémicos y se había avanzado en su identificación, se desarrolló el ejercicio de cartografía social. En esta etapa se articuló el mapa base elaborado en la fase de pre-campo, con el fin de ubicar espacialmente las áreas del territorio donde la comunidad reconoce que obtiene o aprovecha los distintos servicios ecosistémicos.

Para ello, se entregaron a los asistentes notas adhesivas (pos-it) en las que cada persona escribía el servicio ecosistémico que reconoce y considera relevante. Luego, con el apoyo del expositor, se acercaban al mapa y ubicaban la nota adhesiva en el lugar correspondiente, lo que permitió localizar de manera colectiva los sitios asociados a cada servicio. Durante este proceso, los participantes relataban además aspectos relacionados con cada sitio, como la cobertura con la que lo asocian, el tipo de uso que hacen del servicio o cambios percibidos en el tiempo.

Esta metodología facilitó la construcción conjunta de una lectura espacial del territorio, integrando el conocimiento local de la comunidad con el soporte cartográfico elaborado previamente, y generó un insumo clave para el posterior análisis de los servicios ecosistémicos en el área de influencia.



Fotografía 1-73 Ejercicio de cartografía social. Momento-2 de participación. Vegeta Montelibano Sector Bajo.
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

1.5.6.1.3 Post-campo

En esta fase se realizaró la caracterización de los servicios ecosistémicos del área de influencia mediante la compilación de información obtenida en campo (Formato de los talleres y mapas), 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 1-123**.

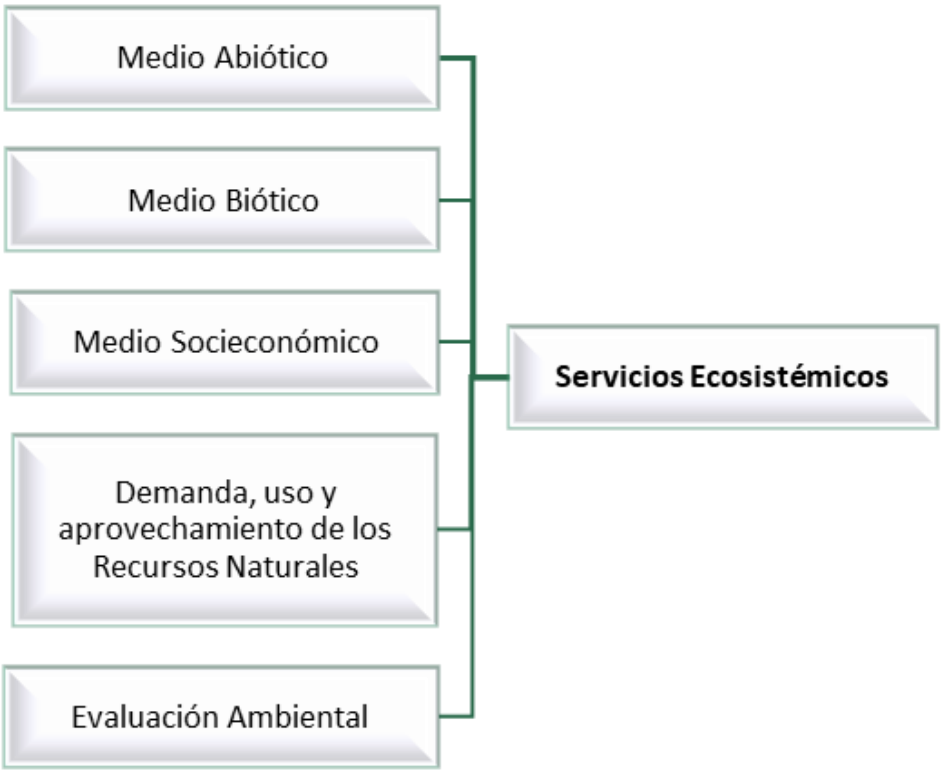


Figura 1-123 Integración entre los componentes del estudio para la identificación de los Servicios ecosistémicos.
Fuente: S.G.I. S.A.S., 2025.

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.

1.5.6.1.3.1 Definición de la unidad mínima de análisis

La unidad mínima de análisis (UMA) para el presente componente corresponde a las clases de coberturas de la tierra, identificadas y descritas en el componente de flora. Estas coberturas se asumen como los espacios ecológicos donde se generan y sostienen los distintos servicios ecosistémicos, permitiendo identificar y espacializar las áreas desde las cuales dichos servicios pueden provenir dentro del área de influencia.

1.5.6.1.3.2 identificación de los servicios ecosistémicos

La identificación de los Servicios ecosistémicos dentro del área de influencia se hará de acuerdo con lo establecido por Millenium Ecosystem Assesment - Fuente especificada no válida., en cuatro categorías como se describe a continuación en la **Tabla 1-154**.

Tabla 1-154 Categorías de los Servicios Ecosistémicos.

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
Aprovisionamiento	Agrupa 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.

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
Regulación	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 infieren en las condiciones de bienestar del ser humano.
Soporte	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.
Culturales	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: S.G.I. S.A.S., 2025.

Dicha información se recolectó de manera conjunta con los actores que interactúan con los ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto, dado que son ellos quienes se benefician de manera directa e indirecta de los servicios prestados por dichos ecosistemas.

Para ello, se desarrollaron talleres participativos en los que, a través de dinámicas de diálogo abierto y cartografía social, se presentaron descripciones cortas y ejemplos de diversos servicios ecosistémicos organizados por categorías. Entre estos se incluyeron, a modo de guía para la discusión: recurso hídrico; alimentos derivados de actividades agrícolas (cultivos) y pecuarias (ganadería); productos comestibles de fauna silvestre (caza o pesca) y de flora silvestre (plantas comestibles); plantas medicinales; madera; fibras (por ejemplo, algodón, seda, lana); provisión de soporte físico para el establecimiento de ganadería, agricultura y sistemas forestales; dispersión de semillas y polinización; control de erosión, deslizamientos y reducción de inundaciones; regulación del clima (absorción y almacenamiento de carbono); purificación del agua; entorno para actividades culturales y recreativas; belleza escénica; fiestas tradicionales; turismo; herencia, arraigo y legado.

Durante el desarrollo de los talleres se dio, además, la posibilidad de que los participantes identificaran y mencionaran otros servicios ecosistémicos que consideraran relevantes en su territorio, de manera que el listado final reflejara de forma fiel la diversidad de usos, dependencias y valores que la comunidad reconoce en los ecosistemas locales.

1.5.6.1.3.3 Definición del estado de los SSEE identificados

El análisis de la información contenida en los medios abiótico, biótico y socioeconómico permitirá 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.

1.5.6.1.3.4 Cuantificación de los usuarios de cada uno de los servicios ecosistémicos

Una vez reconocidos los servicios ecosistémicos dentro del área de influencia, se identificará 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.

1.5.6.1.3.5 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 realizará 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 realizará partiendo de los criterios que se mencionan en la **Tabla 1-155**.

Tabla 1-155 Dependencia de los beneficiarios ante los servicios ecosistémicos.

DEPENDENCIA	DESCRIPCIÓN
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: S.G.I. S.A.S., 2025.

A partir de información consignada en el Capítulo Demanda, uso, aprovechamiento de Recursos Naturales, se realizará 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 presentada en el Capítulo Evaluación ambiental, 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 realizará partiendo de los criterios que se mencionan en la **Tabla 1-156**.

Tabla 1-156 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: S.G.I. S.A.S., 2025.

1.5.6.1.3.6 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 seguirán los criterios descritos en la **Tabla 1-157**:

Tabla 1-157 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: S.G.I. S.A.S., 2025.

1.5.6.1.3.7 Determinación de la incidencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos

A partir de la información consignada en el capítulo Evaluación Ambiental, se determinará la incidencia del proyecto sobre los servicios ecosistémicos identificados en el área de influencia, tomando como base la información consignada en el Capítulo Descripción y Caracterización Ambiental del área. Finalmente, con el objetivo de integrar los resultados obtenidos se presentó la información según lo indicado en la **Tabla 1-158**.

Tabla 1-158 Relación de los servicios ecosistémicos y la dependencia de las comunidades y el proyecto.

CATEGORÍA	SERVICIO ECOSISTÉMICO	DEPENDENCIA DEL PROYECTO DEL SSEE	USUARIOS DEL SSEE (NÚMERO DE PERSONAS)	DEPENDENCIA DE LAS COMUNIDADES DEL SSEE	TENDENCIA DEL SSEE	IMPACTO DEL PROYECTO EN EL SSEE
Aprovisionamiento	Abastecimiento del recurso hídrico					
	Alimento por agricultura					
	Alimento por actividades pecuarias (Ganadería)					
	Materias primas (Madera)					
	Caza y pesca					
Soporte	Provisión física para el establecimiento de ganadería, agricultura y madera					
	Dispersión de Semillas y Polinización.					
	Provisión de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas.					
Regulación	Regulación del Clima, calidad del aire y almacenamiento de carbono					
	Purificación del agua					
	Control de erosión					
Culturales	Fiestas Tradicionales y Entorno para Culturales y Recreativas.					
	Belleza escénica					

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

1.5.7 Metodología para la evaluación ambiental

Para la evaluación y caracterización de impactos se decidió usar la metodología de ECOPETROL S.A., la cual se encuentra acogida de la establecida por Conesa en 1997 e interrelacionada con la matriz RAM (Risk Assessment Matrix), que permite determinar la calificación cuantitativa del impacto mediante una matriz simple de dos entradas, donde se evalúa cada efecto según la actividad que lo genera bajo los siguientes criterios: Carácter del impacto, Efecto, Magnitud, Resiliencia, Tendencia, Extensión, Exposición, Recuperabilidad, Acumulación y Sinergia, las cuales mediante una ecuación permitirán encontrar la Importancia Ambiental del Impacto (IA) que en función a la Evidencia

(Escenario sin proyecto) y/o a la Probabilidad de ocurrencia (Escenario con proyecto), determina la Significancia Ambiental del Impacto (SAI).

Para la evaluación ambiental de los impactos ambientales derivados de la ejecución del Proyecto se empleó la metodología elaborada por Ecopetrol S.A. en la *"Guía para la elaboración de estudios ambientales. Anexo 2 Identificación y evaluación de impactos ambientales"* (**HSE-G-163** - Ecopetrol S.A, 2023) (Ver **Anexos/9. Anexo Evaluación y Valoración de Impactos/9.1 Evaluación de impactos/ 9.1.1 Identificacion y evaluación 2023**). Está metodología se divide en dos partes, la primera realiza una identificación y evaluación de los efectos generados por las actividades antrópicas actuales en el área y donde se proyecta desarrollar las actividades (*evaluación sin proyecto)* y la segunda identifica y evalúa los posibles efectos que se pueden generar sobre los diferentes componentes ambientales debido a las actividades que conlleva ejecutar el proyecto denominado Area de Desarrollo Bucare (*evaluación con proyecto*).

Por medio de la identificación y evaluación de los posibles impactos ambientales generados por el desarrollo del proyecto, es posible determinar la naturaleza y magnitud de las medidas de manejo ambiental que se deben implementar a lo largo de las diferentes etapas del proyecto.

1.5.7.1 Identificación y evaluación de impactos para el escenario sin proyecto

El análisis de las condiciones ambientales sin proyecto consistió en la descripción de las condiciones ambientales del área donde se llevará a cabo las actividades de explotación de la plataforma Flamencos y se basó en la identificación de las actividades antrópicas que han ocasionado cambios en el entorno ambiental sobre los medios físicos, biótico y socioeconómico. Para este análisis se utilizó una matriz de doble entrada (Ver **Anexos/9. Anexo Evaluación y Valoración de Impactos/9.1 Evaluación Ambiental/ Anexo 9.1.2 Matriz_impactos_SP**), una con las actividades que se desarrollaran en el transcurso del proyecto y que fueron evidenciadas en la visita del grupo interdisciplinario de profesionales y la otra con información secundaria.

Para el desarrollo de esta evaluación, se tiene en cuenta consideraciones como los impactos generados por actividades socioeconómicas tradicionales, las intervenciones recientes y las actividades industriales que se han desarrollado en el área a través del tiempo para de esta forma evaluar el **Nivel de Evidencia**, es decir, que tan visible o perceptible es el impacto en la zona de estudio.

1.5.7.2 Identificación y evaluación de impactos para el escenario con proyecto

El análisis del área donde será desarrollado el proyecto, en el escenario con proyecto considera los efectos y las consecuencias que conllevaría la ejecución de las actividades sobre el entorno; para este escenario se tiene como herramienta la información obtenida en el **Capítulo 3. Caracterización del área de influencia de proyecto** y la descripción técnica de las actividades proyectadas a efectuarse. Finalmente, se resalta que dicho análisis de impactos con y sin proyecto, se constituye en uno de los insumos más importantes para el diseño de las medidas de manejo.

1.5.7.3 Escala de valores de los parámetros a evaluar

A continuación, se define el nivel dentro de la escala de valores predeterminados para cada parámetro, estableciendo la importancia ambiental de cada impacto. Es importante incluir en la evaluación de los impactos ambientales, la interacción que se presenta en los ecosistemas y las comunidades de la región, con las actividades propias del proyecto y aquellas que venían ocurriendo sin él.

- **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.

- **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 (Ver **Tabla 1-159**).

Tabla 1-159 Rangos de efecto del impacto

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 de la actividad o acción.

Fuente: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

- **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 (Ver **Tabla 1-160**).

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.
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.

Tabla 1-160 Rangos de magnitud del impacto

MAGNITUD DEL IMPACTO		
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, pues solo se generan afectaciones moderadas en el entorno analizado; pérdida ambiental o económica mínima (menos de 100 y 250 SMLMV).
ALTA	**6**	El efecto altera o genera un deterioro del ecosistema y/o la comunidad, puede haber pérdida ambiental o económica intermedia (entre 250 y 500 SMLMV).
MUY ALTA	**8**	El impacto afecta de manera significativa o grave los ecosistemas o el entorno sociocultural o causa pérdidas económicas significativas (más de 500 SMLMV).

Fuente: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

- **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, tal como se menciona en la (Ver **Tabla 1-161**).

Los **impactos positivos** o benéficos presentan una valoración directamente proporcional a los efectos, considerando como beneficio aquel impacto que deja mayores secuelas en el tiempo.

Tabla 1-161 Rangos de resiliencia del impacto

RANGOS DE EFECTO DEL IMPACTO (Relación Causa - Efecto)		
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 la ejecución de la actividad, desapareciendo las manifestaciones del impacto tan pronto ésta termina. El efecto benéfico que se genera no perdura.
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).*
INTOLERANTE (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. Los efectos positivos generan secuelas benéficas que perduran con el paso del tiempo.

Fuente: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

- **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 (Ver **Tabla 1-162**).

Tabla 1-162 Rangos de tendencia del impacto

RANGOS DE EFECTO DEL IMPACTO (Relación Causa - Efecto)		
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 a 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 tiempo tienden a aumentar sus manifestaciones de una forma rápida y severa.

Fuente: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

- **Extensión**

Corresponde 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.

Para efectos de la calificación de este parámetro, se ha de considerar una escala de Rangos de Extensión para proyectos realizados en el área continental **(ON SHORE)**, tal como se presenta en la (Ver **Tabla 1-163**).

Tabla 1-163 Rangos de extensión del impacto

RANGOS DE EXTENSIÓN (ON SHORE) (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^2). 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)
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: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

- **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 efecto, cuando se expone de forma frecuente, prolongada o permanente (Ver **Tabla 1-164**).

Tabla 1-164 Rangos de exposición del impacto

RANGOS DE EXPOSICIÓN DEL IMPACTO (Tiempo/Frecuencia)		
CALIFICACIÓN	**ESCALA**	**SIGNIFICADO**
FUGAZ - ESPORÁDICO	**1**	Exposición: Momentánea o fugaz Ocurrencia: Excepcional o esporádica (menos de una vez por año)
TEMPORAL - BREVE	**2**	Exposición: Breve (hasta un (1) día) Ocurrencia: Temporal (menos de una vez por mes)
FRECUENTE - PROLONGADO	**3**	Exposición: Extendida (hasta un (1) mes) Ocurrencia: Frecuente (por lo menos una vez al día)
PERMANENTE	**4**	Exposición: prolongada a un (1) mes Ocurrencia: muy frecuente o continua

Fuente: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

- **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 efecto cuando la recuperabilidad tarde mayor tiempo, es decir que las consecuencias benéficas perduran en el tiempo (Ver **Tabla 1-165**).

Tabla 1-165 Rangos de recuperabilidad del impacto

RANGOS DE RECUPERABILIDAD DEL IMPACTO (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: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

- **Acumulación**

Hace referencia al aumento gradual o progresivo de las consecuencias del impacto, con la ocurrencia reiterada de la acción generadora (Ver **Tabla 1-166**).

Tabla 1-166 Rangos de acumulación del impacto

ACUMULACIÓN DEL IMPACTO		
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: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

- **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 (Ver **Tabla 1-167**).

Tabla 1-167 Rangos de sinergia del impacto

RANGOS DE SINERGIA DEL IMPACTO (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 mismo.

Fuente: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

1.5.7.3.1 Importancia ambiental del impacto (IA)

Para determinar la IMPORTANCIA 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 tiene el parámetro dentro de la valoración de los impactos y a la experiencia de su aplicabilidad en proyectos del sector.

La importancia del impacto (IA) es el resultado de la siguiente función

$$\boldsymbol{I.A = \pm(Ef + M + E + T + Ex + Rs + R' + A + S}$$

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

- **Jerarquización de impactos**

La importancia ambiental de cada impacto estaría dada por la sumatoria de las calificaciones otorgadas a cada uno de los parámetros evaluados, este resultado se encontrará dentro de un rango comprendido entre 10 y 47, el cual permite ubicar la Importancia Ambiental es una **ESCALA DE CONSECUENCIAS** correspondiente al rango calculado, el cual va de 1 a 5, obteniendo finalmente el **NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO**, para los impactos identificados ya sean positivos o negativos, siendo diferenciadas solamente por su color (Ver **Tabla 1-168**).

Tabla 1-168 Nivel de importancia de los impactos ambientales

NIVEL IMPORTANCIA AMBIENTAL	ESCALA DE CONSECUENCIAS	NIVEL DE IMPORTANCIA	
		IMPACTOS NEGATIVOS	IMPACTOS POSITIVOS
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: Guía para la elaboración de estudios ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

Determinado el **NIVEL DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO**, se establece el Nivel de Evidencia (para el escenario sin proyecto) y la Posibilidad de Ocurrencia (para el escenario con proyecto), esta debe ser fundamentada de acuerdo con el criterio, conocimiento y/o experiencia de los evaluadores y de acuerdo con los rangos establecidos en la (Ver **Tabla 1-169**).

Tabla 1-169 Evidencia y probabilidad de ocurrencia

ESCENARIO SIN PROYECTO (EVIDENCIA)		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: Guía para la elaboración de estudios ambientales. Anexo 2 Identificación y evaluación de impactos ambientales, Ecopetrol S.A., 2023

- **Significancia Ambiental del Impacto (SAI)**

El resultado de cada impacto en la **IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO** en función **(§)** de le **EVIDENCIA (EV)** o de la **PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (P)**, de acuerdo con el caso que se esté realizando (Con proyecto – Sin proyecto) arrojara un resultado de valoración final de cada

impacto ambiental llamada **SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO**, clasificándolos entre Muy Baja, Baja, Media, Alta hasta Muy Alta, este valor es dado por el resultado de la siguiente ecuación:

$$SAI = \pm(I.A) \S\ P\ ó\ EV$$

$$SAI = \pm(Ef + M + E + T + Ex + Rs + R' + A + S) \S\ P\ ó\ EV$$

Dónde:

SAI: Significancia Ambiental del Impacto
I.A: Importancia Ambiental del Impacto o (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 identificar la **SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO** en el escenario sin proyecto, se debe interceptar la proyección de la casilla de la columna **NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL** calculada, con la seleccionada en el espacio donde se diligencio la evidencia de acuerdo con lo que se expone en la **Tabla 1-170** y **Tabla 1-171**.

Tabla 1-170 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
MASIVO	5					Muy Alta
MAYOR	4				Alta	
LOCALIZADO	3			Media		
MENOR	2		Baja			
LEVE	1	Muy Baja				

Fuente: Guía Metodológica para la Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales, ECOPETROL S.A., 2023

Tabla 1-171 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
MASIVO	5					Muy Alta
MAYOR	4				Alta	
LOCALIZADO	3			Media		
MENOR	2		Baja			
LEVE	1	Muy Baja				

Fuente: Guía Metodológica para la Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales, ECOPETROL S.A., 2023.

Para aquellos impactos ambientales identificados en el escenario con proyecto, la **SIGNIFICANCIA AMBIENTAL** se identifica interceptando la proyección calculada por el **NIVEL DE IMPORTANCIA AMBIENTAL** con el resultado en la fila de **PROBABILIDAD DE OCURRENCIA**, como se muestra en la **Tabla 1-172** y **Tabla 1-173**.

Tabla 1-172 Evaluación de la Significancia de los Impactos Negativos Escenario Con Proyecto

CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
Nivel de importancia ambiental	E.C.	A Prácticamente Imposible (≤20%)	B Poco Probable (21-40%)	C Es Posible (41-60%)	D Bastante Probable (61-80%)	E Ocurrirá con Alto Nivel de Certeza (≥81%)
MASIVO	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
MAYOR	4	Baja	Baja	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: Guía Metodológica para la Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales, ECOPETROL S.A., 2023.

Tabla 1-173 Evaluación de la Significancia de los Impactos Positivos Escenario Con Proyecto

CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
Nivel de importancia ambiental	E.C.	A Prácticamente Imposible (≤20%)	B Poco Probable (21-40%)	C Es Posible (41-60%)	D Bastante Probable (61-80%)	E Ocurrirá con Alto Nivel de Certeza (≥81%)
MASIVO	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
MAYOR	4	Baja	Baja	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: Guía Metodológica para la Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales, ECOPETROL S.A., 2023.

1.5.7.3.2 Impactos Residuales

Los cuales se encuentran catalogados como aquellas afectaciones de carácter **negativo** que se mantienen a través del tiempo, por lo que no permiten volver a la condición precedente al ecosistema o a la comunidad, aun si se le hayan aplicado medidas de control y manejo mitigatorias o correctivas.

Para determinar la residualidad, se debe considerar que la Significancia Ambiental del Impacto (SAI) presente una calificación de alta y moderada para impactos ambientales con carácter negativo, para de esta forma establecer la proporción de recuperabilidad que se logra aplicar por medio de las medidas de control y manejo que son previstas en el **capítulo Plan de Manejo Ambiental** del presente estudio. Dicha recuperabilidad se establece en base de los tiempos de recuperación y la eficacia de las medidas, por medio de las siguientes variables (Ver **Tabla 1-174**).

- **Tiempo de recuperación**

Es el tiempo estimado en que tarda la medida de manejo en actuar, para que de esta forma se desaparezcan los impactos o efectos del impacto, logrando regresarlo a su condición inicial. Estos tiempos se encuentran condicionados por la magnitud, gravedad o severidad del daño causado, así como por la sensibilidad y vulnerabilidad del elemento receptor.

Tabla 1-174 Valoración del tiempo esperado de recuperación

RECUPERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR
MUY LARGO PLAZO	Recuperación en el largo plazo, Superior a 5 años	1
LARGO PLAZO	Recuperación del elemento ambiental 1 - 5 años	2
MEDIANO PLAZO	Recuperación del elemento ambiental 1 - 12 meses	3
CORTO PLAZO	Recuperación del elemento ambiental Menor 1 mes	4
INMEDIATO	Recuperación Horas - días	5

Fuente: Guía Metodológica para la Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales, ECOPETROL S.A., 2023, adaptado de Martínez, 2010.

- **Efectividad de la medida de manejo**

Es considerada como la proporción de eficacia en el logro de la meta propuesta al momento de aplicar las medidas de control y manejo ambiental previstas en el proyecto. En la **Tabla 1-176** se presentan los diferentes niveles de valoración establecidos para las posibles proporciones de efectividad alcanzada con la aplicación de una o varias medidas.

Es la eficacia que logra tener la meta de las medidas de manejo propuestas en el **Capítulo 7 Planes y Programas**, de tal forma a como se muestra (Ver **Tabla 1-175**).

Tabla 1-175 Efectividad esperada al aplicar la medida de control y manejo ambiental

EFECTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR
NULA MUY BAJA	No se evidencia o presenta muy baja recuperación del elemento afectado	1
BAJA	Eficacia de la medida de manejo menor a 30%	5
MEDIA	Eficacia de la medida de manejo 31% a 60%	10
ALTA	Eficacia de la medida de manejo de 61% a 80%	15
MUY ALTA	Eficacia de la medida de manejo mayor a 80%	20

Fuente: Guía Metodológica para la Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales, ECOPETROL S.A., 2023, adaptado de Martínez, 2010.

Después de realizar la estimación de las variables anteriormente mencionadas, es necesario determina el grado o proporción de la **Recuperabilidad** del elemento alterado por el impacto, realizando la siguiente ecuación.

$$R_p = \frac{(t_n + e_n)}{(t_{max} + e_{max})} * 100$$

Donde:

R_P: % Recuperabilidad del impacto (£ tiempo – eficacia).
t_n: Tiempo que se espera que tarde en recuperarse el elemento "n".
e_n: Efectividad esperada en la recuperación del elemento "n" al aplicar la medida de control y manejo.
t_{max}: Tiempo máximo que se espera que tarde en recuperarse un elemento.
e_{max}: Efectividad máxima esperada en la recuperación de un elemento al aplicar la medida de control y manejo.

A partir del resultado de la ecuación anterior se determinar los niveles de recuperabilidad (%) esperados en cada impacto, sobre el ecosistema o la comunidad, de acuerdo con lo que se expone en la (Ver **Tabla 1-176**).

Tabla 1-176 Grados de Recuperabilidad esperada con el transcurso del tiempo

RECUPERABILIDAD		EFICACIA DE LAS MEDIDAS				
		1	5	10	15	20
TIEMPO		MUY BAJA EFICACIA	BAJA EFICACIA	MODERADA EFICACIA	ALTA EFICACIA	MUY ALTA EFICACIA
		(≤20%)	(21-40%)	(41-60%)	(61-80%)	(≥81%)
INMEDIATO	5	Baja	Media	Media	Alta	Muy Alta
		24%	40%	60%	80%	100%
CORTO PLAZO < 1 MES	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
		20%	36%	56%	76%	96%
MEDIANO PLAZO 1-12 MESES	3	Muy baja	Baja	Media	Media	Alta
		16%	32%	52%	72%	92%
LARGO PLAZO 1-5 AÑOS	2	Muy baja	Baja	Baja	Media	Alta
		12%	28%	48%	68%	88%
MUY LARGO PLAZO > 5 AÑOS	1	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Media	Media
		8%	24%	44%	64%	84%

Fuente: Guía Metodológica para la Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales, ECOPETROL S.A,2023

Cuando se establece la recuperabilidad esperada con el transcurso del tiempo, se determina la **Residualidad relativa del impacto**, la cual determina la proporción del impacto que no pudo ser recuperada mediante las medidas de manejo planteadas y la cual, se obtiene de acuerdo con el cálculo de:

$$R_{SR} = \left(1 - (\%R_P/100)\right)$$

Donde:

R_{SR}: Residualidad Relativa del impacto
R_P: % Recuperabilidad del impacto (£ tiempo – eficacia)

Para tener una visión más amplia de la magnitud de la residualidad esperada, la proporción calculada se le aplica al valor de importancia ambiental, calculados con los demás parámetros para el impacto, determinando con ello la **Importancia Neta del Impacto**, de acuerdo con:

$$I_{NETA} = (I_{BRUTA}) * R_P$$

Donde:

I_{NETA}: Importancia Neta del impacto
I_{BRUTA}: Importancia Bruta (calculada inicialmente para cada impacto con todas las variables)
R_P: % Recuperabilidad del impacto (£ tiempo – eficacia)

Luego, para determinar la magnitud de la **residualidad absoluta del impacto**, expresa en términos de importancia ambiental, incorporando la residualidad dentro de la valoración de los impactos se obtiene de la siguiente expresión:

$$R_{AB} = \left(I_{BRUTA} * (\%R_P/100)\right)$$

Donde:

R_{AB}: Residualidad Absoluta (expresada en % de la Importancia Bruta)
I_{BRUTA}: Importancia Bruta (calculada inicialmente para cada impacto)
R_P: % Recuperabilidad del impacto (£ tiempo-eficacia)

1.5.7.4 Evaluación económica ambiental

Según Pearce (1998), el análisis costo – beneficio consiste esencialmente en comparar las ganancias y las pérdidas asociadas al desarrollo de un proyecto o una política, reflejadas principalmente en el cambio del bienestar de los seres humanos, o en sus niveles de utilidad individual, donde los beneficios son medidos como la disponibilidad a pagar por una ganancia o la disponibilidad a pagar por evitar una pérdida, respectivamente. Adicionalmente, Arrow *et al.* (1996) propone que, aunque el análisis costo – beneficio debe enfocarse principalmente en la relación entre las ganancias y las pérdidas de manera general, un buen análisis costo – beneficio debe identificar los efectos distributivos de un proyecto o política.

Para la realización de la evaluación económica ambiental para la licencia del proyecto, se seguirá lo dispuesto en la Resolución Vigente 1669 de 2017, respecto al documento de Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en las diferentes etapas del licenciamiento ambiental en el país y Resolución 1402 de 2018, que orienta la Elaboración y presentación de Estudios Ambientales. La **Tabla 1-177** presenta la Metodología General para la evaluación Económica, incluso para modificaciones de licencia ambiental, expuesta en el documento de Criterios Técnicos.

Tabla 1-177 Análisis económicos que deben desarrollar quienes soliciten o posean licencias ambientales en el marco del Licenciamiento Ambiental en Colombia.

Estudio de Impacto Ambiental (Aplica también para los EIA que se presenten para la modificación de una licencia ambiental)	Análisis de la eficiencia de acción de las medidas del PMA que garantizan la internalización de impactos prevenibles y corregibles.	Análisis de internalización	Análisis de internalización de impactos, de acuerdo con lo establecido en el este documento.
	Valoración económica de los impactos ambientales que resulten no internalizables dentro del proyecto	Análisis Costo Beneficio - ACB	Análisis Costo Beneficio para evaluar económicamente los impactos agregados del proyecto, obra o actividad

Fuente: Minambiente & ANLA, 2017

A continuación, la **Figura 1-124** describe el proceso que debe seguirse para el análisis de evaluación económica ambiental:

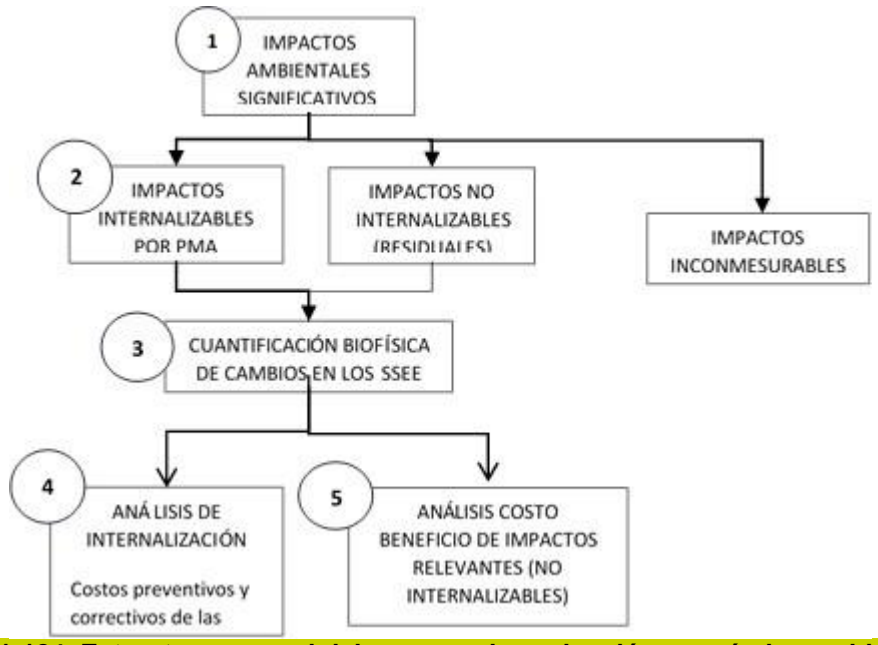


Figura 1-124 Estructura general del proceso de evaluación económica ambiental en la evaluación ambiental
Fuente: Grupo de Valoración Económica de la ANLA, 2015

- **Metodología para el Análisis de *Internalización de Impactos***

En caso de que se identifiquen impactos internalizables, es decir impactos relevantes cuyas medidas de manejo de prevención y corrección internalizan el impacto, se seguirá el siguiente procedimiento de acuerdo con el análisis de internalización solicitado desde la autoridad ambiental, el cual contempla el siguiente desarrollo procedimental:

a) **Descripción del impacto negativo e identificación de los servicios ecosistémicos comprometidos:** El solicitante, haciendo uso de la información consignada en la línea base

del EIA, debe determinar el impacto a considerar en el análisis de internalización y seguidamente, la afectación a los servicios ecosistémicos previstos en el área de influencia, como consecuencia de la ocurrencia del impacto analizado (para tal fin podrá hacer uso de las directrices para la selección y clasificación de los SSEE, proporcionadas en la sección 3.2.3 del documento de Criterios Técnicos).

b) **Definición del indicador:** A partir de la información contenida en la línea base para los medios biótico, abiótico y socioeconómico, el solicitante debe especificar el indicador que mejor se ajuste al cambio previsible que se ocasionaría en el área de influencia, una vez el proyecto, obra o actividad entre en ejecución.

Un indicador corresponde a una expresión cuantitativa o cualitativa, que describe características a través del comportamiento de una variable o una relación de variables, que comparada frente a una meta establecida, evalúa su desempeño en el tiempo (DANE, 2013).

c) **Cuantificación del cambio del servicio ecosistémico:** Este paso hace referencia a la estimación, en unidades físicas, del cambio temporal y espacial del impacto analizado.

d) **Medida de manejo seleccionada e indicadores asociados:** Puesto que el análisis de internalización se enmarca en el correcto desarrollo del PMA, el solicitante debe precisar el programa, obra o actividad del PMA que mejor se ajusta para garantizar la prevención o corrección del impacto. Se deberá allegar información claramente sustentada en criterios técnicos, de forma que sea posible su análisis durante la evaluación del EIA y en etapas posteriores. Así mismo, se debe explicitar el método de valoración seleccionado, asegurando que los supuestos y condiciones que exijan cada uno de ellos, se cumplan.

e) **Resultado esperado de la medida (indicador):** El solicitante debe incluir el valor numérico de las medidas de prevención o corrección contempladas en el PMA. Se enfatiza que, ante la eventualidad de que la prevención o corrección de un impacto no alcance la efectividad del 100%, se deben argumentar los motivos, excluir el impacto del análisis de internalización, e incluirlo dentro de la sección de impactos valorables

f) **Estimación de los costos ambientales anuales:** Se deben presentar los costos considerados, con temporalidad anual y con un horizonte de tiempo coherente con la presencia del impacto, durante el desarrollo del proyecto y aún más allá de la vida útil de éste, en los casos en que así ocurra, indicando de forma detallada los rubros estimados más representativos de la medida utilizada para la aproximación a la cuantificación económica del impacto.

- **Metodología para la evaluación económica de impactos NO Internalizables**

Para los impactos no internalizables se deberá realizar el análisis costo beneficio, el cual parte de la identificación de los impactos relevantes (positivos y negativos), su posterior cuantificación biofísica (estimación del delta ambiental representado en unidades físicas y espaciales), la valoración económica que consiste en asignar unidades monetarias a los cambios generados sobre los servicios ecosistémicos y que reflejan el cambio en el bienestar de las personas que hacen parte del área de influencia del proyecto. Finalmente, los resultados de la valoración serán llevados al flujo económico; en donde a partir de la Relación Beneficio costo, el VPN se establecerá los criterios de decisión sobre el proyecto.

➢ **Métodos de Valoración Económica**

De acuerdo con el documento Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en las diferentes etapas del licenciamiento ambiental en el país, en la **Figura 1-125** se presentan las diferentes metodologías aprobadas y avaladas para la realización del Análisis Económico.

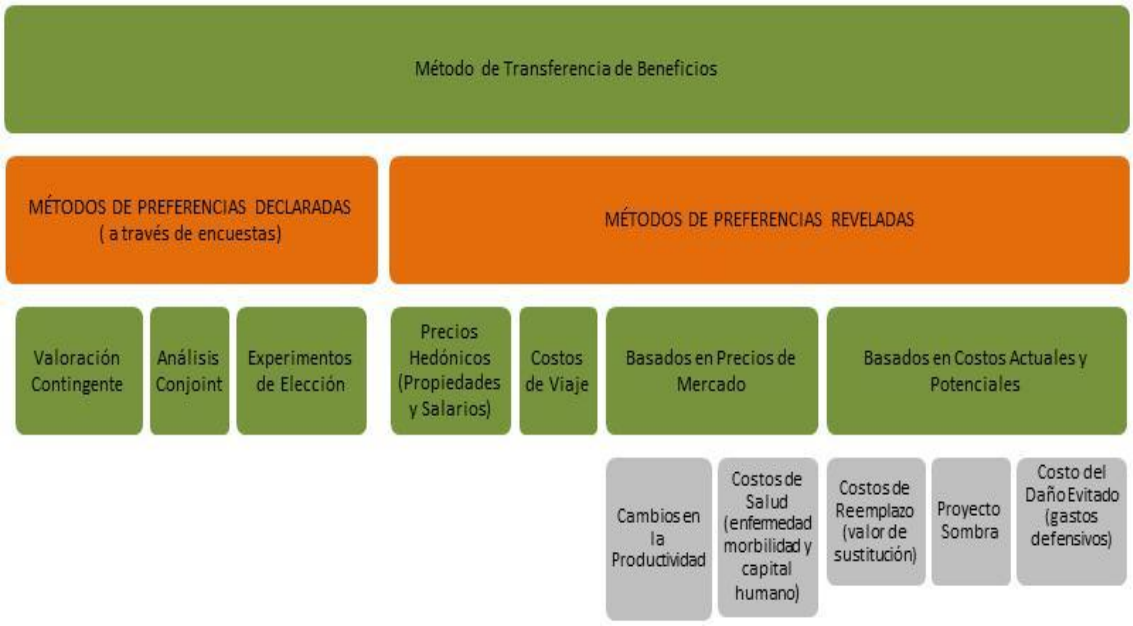


Figura 1-125 Clasificación de las metodologías de valoración
Fuente: Minambiente & ANLA, 2017

En el análisis económico del proyecto, se usaran metodologías de preferencias reveladas basadas en costos potenciales, costos de mercado o la metodología de Transferencia de beneficios la cual consiste en aplicar valores estimados, funciones, datos o modelos desarrollados en algún contexto, para realizar la valoración de un recurso similar en un contexto alternativo, y se utiliza principalmente en ocasiones que requieren enfoques poco demandantes de tiempo y de recursos para estimar el valor de los daños o las pérdidas asociadas a un proyecto (Petersen *et al*, 1994).

✓ Criterios de decisión

De la comparación de los beneficios y costos ambientales (**Tabla 1-178**) se obtienen los principales criterios económicos para la toma de decisiones, correspondientes al Valor Presente Neto ambiental (VPN_A) y a la Relación Beneficio-costo ambiental ($R(B/C)_A$).

✓ Valor Presente Neto ambiental (VPN_A):

Corresponde a la suma total de los costos y beneficios ambientales manifestados a lo largo de la vida útil del proyecto y descontados al periodo inicial (Mendieta, Manual de valoración económica de bienes no mercadeables, 2005). Este indicador se expresa como:

$$VPN = \sum_{t=0}^{n} \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t}$$

Dónde: B_t = Beneficios ambientales del año t.
C_t = Costos ambientales del año t.
i = Tasa de descuento

- Relación Beneficio-Costo ambiental ($R(B/C)_A$):

Este indicador es el cociente del valor actual de los beneficios ambientales sobre el valor actual de los costos ambientales valorados para el proyecto, se expresa como:

$$R(B/C)_A = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{Ct}{(1+i)^t}}$$

Dónde: Bt = Beneficios ambientales del año t.
Ct = Costos ambientales del año t.
i = Tasa de descuento

Tabla 1-178 Interpretación del Indicador de VPNA

VALOR PRESENTE NETO AMBIENTAL	RELACIÓN BENEFICIO-COSTO AMBIENTAL	TIRE	INTERPRETACIÓN
$VPN_A>0$	$R(B/C)_A>1$	$r_A>0$	Los beneficios del proyecto son mayores que sus costos, por lo tanto, se acepta el proyecto y se indica que este genera ganancias en bienestar social.
$VPN_A=0$	$R(B/C)_A=1$	$r_A=0$	El proyecto no produce beneficios ni costos. No genera cambios en el bienestar social.
$VPN_A<0$	$R(B/C)_A<1$	$r_A<0$	Los costos del proyecto son mayores que sus beneficios. Se debe rechazar el proyecto ya que provoca pérdidas en el bienestar social.

Fuente: Minambiente & ANLA (2017).

✓ Tasa social de descuento

En el análisis económico ambiental, los costos y beneficios derivados del proyecto y estimados monetariamente a través de las diferentes técnicas de valoración, deben ser comparados para llegar a indicadores que contribuyan a la toma de decisiones; sin embargo, esta comparación no puede realizarse sin considerar el factor temporal del proyecto para lo cual es necesario aplicar el descuento como procedimiento técnico para actualizar el conjunto de los impactos (flujo de costos y beneficios externos) y expresarlos en función de su valor, no en el momento en el que se producen sino hoy, como el momento de decisión (Delcámara, 2008).

En el análisis se considera la tasa social de descuento (TSD), como la tasa de descuento de los valores para cierto período de tiempo, que refleje las preferencias de la sociedad (Mendieta, 2005). Según Delcámara (2008) es habitual en el contexto de la estimación de externalidades, el empleo de una tasa positiva de descuento indicando con ello que aquellos impactos ambientales que tengan trascendencia en el futuro perderán valor al ser trasladados al presente.

En este estudio de evaluación económica ambiental, se empleó una TSD de 8.5% reestimada para Colombia por Rodríguez (2007), quien partió de la TSD del 12% empleada por el Departamento Nacional de Planeación en la evaluación socioeconómica de proyectos de inversión para el caso colombiano. El autor tuvo en cuenta cuatro elementos, según el criterio de eficiencia de Harberger: el ahorro interno, el ahorro externo, la inversión privada y el endeudamiento externo, incluyendo una prima por riesgo en función de la volatilidad del consumo y de la aversión al riesgo del inversionista.

De acuerdo con el documento Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales[6] (Miniambiente, 2018), los proyectos sujetos a licenciamiento ambiental, desarrollados en el país, deben incluir la identificación y valoración de los "*posibles impactos sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, que puedan originar las actividades relacionadas*", con el fin de que se incorporen en los flujos del proyecto la totalidad de los costos y beneficios generados, permitiendo de esta forma conseguir una adecuada evaluación de la viabilidad y pertinencia de cada obra, así como un estimado de las externalidades causadas por el proyecto. Para el presente análisis se usará una Tasa Social de descuento de 3.1%

- Minambiente. (2018) "Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales.
- Decreto 1076 de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible"
- Resolución 140de 2010 "Por medio del cual se adopta la metodología para la presentación de estudios ambientales y se toman otras disposiciones"
- Resolución 1669 de 2017. Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas para proyectos, obras o actividades objeto de Licencia Ambiental.

La evaluación económica ambiental parte de los resultados de la identificación y evaluación de impactos para el escenario con proyecto, a partir de este insumo, se toma como marco metodológico para el desarrollo de este análisis e propuesto en la cartilla "Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental", generada por la ANLA en el año 2017.

1.5.8 Metodología para la zonificación ambiental

La metodología para la Zonificación de Manejo Ambiental sigue los lineamientos establecidos en los HI-TER-1-03 para proyectos de Explotación de Hidrocarburos y en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (2018), y se elaboró a partir de los resultados de la Zonificación Ambiental, en función de la sensibilidad ambiental. La metodología a detalle seguida en el proceso de Zonificación de Manejo Ambiental se desglosa en el Capítulo 9.

1.5.9 Metodología para planes y programas

La metodología, para elaborar los planes y programas de manejo ambiental, comprende la consolidación de las medidas y actividades dirigidas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales previamente identificados, así como los orientados al seguimiento y monitoreo de la implementación del PMA. Esta metodología incluye lo forma técnica en la que estratégicamente se definen los manejos idóneos conforme a cada actividad y componente.

Para la formulación de las medidas a aplicar durante las etapas desde la planeación hasta el potencial desmantelamiento y abandono o al manejo de las emergencias que se puedan presentar durante el desarrollo del proyecto, se tiene en cuenta el alcance del proyecto, el área de influencia y la caracterización del entorno. Adicionalmente, se tienen en cuenta los resultados de la evaluación ambiental, para que los planes y programas den respuesta a los objetivos de prevención, corrección, mitigación o compensación de los impactos ambientales significativos.

- Medidas de prevención: acciones encaminadas a evitar los impactos y efectos negativos que pueda generar el proyecto sobre el medio ambiente.

[6] Minambiente (2018). Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. Bogotá.

- Medidas de mitigación: acciones dirigidas a minimizar los impactos y efectos negativos que el proyecto sobre el medio ambiente.
- Medidas de corrección: acciones dirigidas a recuperar, reparar o restaurar las condiciones del medio ambiente afectadas por el proyecto, obra o actividad.
- Medidas de compensación: obras o actividades dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, la región, localidad y entorno natural por los impactos o efectos negativos generados por el proyecto, que no pueden ser evitados, corregidos, mitigados o sustituidos.

El Plan de Manejo Ambiental tiene como objetivo general, brindar las herramientas necesarias para el buen manejo de los elementos constituyentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico durante el desarrollo de las asociadas al proyecto. Las normas mencionadas en este capítulo se encuentran bajo el marco legal del Decreto 1076 de 2015. Se estructura en los siguientes apartados que se presentan a continuación:

- Programas de manejo ambiental.
- Plan de seguimiento y monitoreo (incluye el Seguimiento y monitoreo a los planes y programas, y la tendencia del medio)
- Plan de gestión del riesgo.
- Plan de desmantelamiento y abandono

1.5.9.1 Metodología para programas de Manejo Ambiental

La metodología indica que los programas de manejo ambiental son el conjunto detallado de acciones y/o medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. En donde cada programa contiene el contenido, la **Tabla 1-179** se presenta al detalle las especificaciones mínimas establecidas por cada programa.

Tabla 1-179 Contenido de fichas de manejo

ITEM	DESCRIPCIÓN
Objetivos	Se indica de manera específica y precisa la finalidad con la cual se pretenden desarrollar las medidas de manejo propuestas.
Metas	Se plantean las metas a alcanzar con la ejecución de las medidas de manejo ambiental propuestas relacionadas con los objetivos identificados. Debe ser cuantitativa en lo posible.
Etapa Del Proyecto	Se define en qué etapa del proyecto aplicará las acciones o actividades del programa de manejo ambiental.
Impacto A Manejar	Se indican los impactos específicos a manejar con base a la evaluación de impactos ambientales con proyecto y el elemento sobre el cual se manifiesta el impacto.
Acciones A Desarrollar	Corresponde a las medidas específicas que se adoptarán para el control o manejo ambiental del o los impactos generados por alguna actividad del proyecto. Incluye la descripción de las tecnologías a utilizar para cada una de las medidas de manejo planteadas y las obras propuestas a implementar con su respectivo diseño. Estas acciones consideran la frecuencia de implementación.
Tipo De Medida	Se establece si las medidas de manejo propuestas son de prevención, mitigación, corrección y/o compensación.
Lugar De Aplicación	Se indica la ubicación del sitio, área o trayecto en el cual se ejecutarán las medidas (municipio, vereda, vía de acceso, locación, entre otras).
Personal Requerido	Se definen los responsables para la ejecución de la medida de manejo, bien sea el Contratista, terceras empresas, o autoridades locales, regionales o nacionales.

ITEM	DESCRIPCIÓN
Indicador De Seguimiento	Se registran los indicadores que se utilizarán para hacer seguimiento al cumplimiento de las metas propuestas para cada objetivo, así como para determinar la efectividad de las medidas propuestas, tales como muestreos, observaciones, registro de avances de ejecución técnica, resultados de la medida, receptividad en el medio (entorno físico – biótico o social); grado de participación de las comunidades, etc. Para cada indicador se incluye además el criterio de éxito.
Costos	Determina el costo que demanda la ejecución de las medidas de manejo, ya sea estos del presupuesto general de obra, del plan de gestión social o específicos.
Responsable De La Ejecución	Se definen los responsables por parte del proyecto, el cual verifica el cumplimiento de las medidas o acciones a desarrollar en cada una las fichas propuestas.
Mecanismos Y Estrategias Participativas	Se incluyen las estrategias participativas que involucran la participación de terceros en la ejecución o seguimiento de las medidas de manejo.
Cronograma De Ejecución	Se indica el tiempo de ejecución de las medidas y el momento de aplicación (fase del proyecto en la cual se desarrollará).
Presupuesto	Se describe el tipo de recursos necesarios para la implementación del programa de manejo, así como el estimado de costos junto con los tiempos, momentos y secuencias de las obras, acciones y actividades indicadas en el programa.

Fuente: SGI S.A.S., 2025

Cada programa para incluir en el documento se alinea con el fin principal de garantizar las condiciones del entorno asegurando la sostenibilidad del proyecto y sus componentes, tales como el medio abiótico, biótico y socioeconómico.

1.5.9.2 Metodología para Plan de Seguimiento y Monitoreo

Corresponde al seguimiento y monitoreo a los componentes ambientales, de acuerdo con el análisis de impactos realizado, y la evaluación de la magnitud real de las alteraciones que se producen como consecuencia del proyecto.
Para el efecto en el análisis se consideran los siguientes aspectos:

- Caracterización ambiental de los componentes ambientales de cada medio.
- Cumplimiento de las normas ambientales.

Para el seguimiento y monitoreo de los componentes ambientales, el plan incluye:

- Objetivos.
- Componentes ambientales para monitorear.
- Indicadores (cuantitativos y cualitativos) orientados a establecer las alteraciones en la calidad del medio, especificando lo que se pretende medir y monitorear con cada uno de ellos.
- Localización de los sitios de monitoreo, cuando aplique, con la respectiva ubicación cartográfica.
- Identificación de las medidas de manejo que inciden en la calidad del medio.
- Descripción de los procedimientos utilizados para medir la calidad del medio, relacionando los instrumentos necesarios.
- Periodicidad y duración del monitoreo.
- Criterios para el análisis e interpretación de resultados

1.5.9.3 Metodología para Plan de gestión del riesgo

El Plan de Gestión del Riesgo se estructuró de acuerdo con los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – HI-TER-1-03 para proyectos de Explotación de Hidrocarburos y el Decreto No. 2157 de 2017 "Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012"; su elaboración estuvo a cargo del área HSE de Ecopetrol SA y la codificación corresponde a la documentación interna de la empresa-

1.5.9.4 Metodología para Plan de desmantelamiento y abandono

Para la elaboración del plan de desmantelamiento y abandono del proyecto Área de Desarrollo Bucare se toma como base los términos de referencia H-TER-1-03 donde se enfoca en el uso final del suelo, teniendo en cuenta las medidas de manejo ambientales que garanticen la restauración del entorno o áreas intervenidas a las condiciones previas a la ejecución del proyecto. Para esto, se identifican las medidas de manejo establecidas especialmente las relacionadas a la restauración paisajística y cobertura vegetal, además del manejo que se requiere en los residuos líquidos y solidos generados durante las operaciones del proyecto.

Las acciones a realizar durante el plan de desmantelamiento, se realiza bajo la normatividad técnica vigente expedida por entidades gubernamentales como son las expedidas por el ministerio de minas y energía correspondiente a la resolución 181495 de 2009[7], Decreto 2820 de 2010[8], Resolución 40048 de 2015[9], resolución 40230 de 2022 y resolución 40622 de 2023[10]; La información técnica establecida por la Agencia Nacional de Hidrocarburos relacionada con el abandono y sellado de pozos mediante el Anexo H que define el abandono de campos y áreas como el conjunto de actividades a ejecutar para dejar la superficie en condiciones seguras y ambientalmente adecuadas; y finalmente a través del decreto 1076 de 2015 emitido por el Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible (MADS) donde se regulan las fases ambientales en el desmantelamiento y abandono de áreas intervenidas.

[7] Por la cual se establecen medidas en materia de Exploración y Explotación de Hidrocarburos
[8] Por la cual se reglamenta el Titulo VIII de la Ley 99 de 1992 sobre Licencias Ambientales
[9] Por la cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa afuera
[10] Por la cual se establecen los requisitos técnicos para llevar a cabo las operaciones de suspensión temporal, abandono temporal y definitivo de pozos, en desarrollo de actividades de exploración y producción de hidrocarburos y se modifica parcialmente la Resolución número 181495 de 2009.