

“ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL PROYECTO “ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV”

CAPÍTULO 2. GENERALIDADES

ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S E.S.P

BOGOTÁ D.C., ABRIL 2024

UT PLARE GEOESTUDIOS

CL 185 # 45-03 OF. 611 TORRE EMPRESARIAL CC SANTAFÉ

TEL: +57 6017427172

CEL: +57 3153228891



Identificación del documento

Título del documento:	ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL PROYECTO "ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW, JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV"
Subtítulo del documento	CAPITULO 2. GENERALIDADES
Proyecto No.	UTPG07 MOD. LICENCIA ATLÁNTICO
Fecha	ABRIL 2024
Versión	02
Autor	UT PLARE GEOESTUDIOS/ HS&E S.A.S.
Nombre del Cliente	ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S. E.S.P

Historia del Documento

Aprobado para publicación

Versión	Revisión	Autor	Revisado por	Nombre	Fecha	Comentarios
01	01	UT PLARE GEOESTUDIOS	CLAUDIA ARTEAGA			
02		HS&E S.A.S.				

TABLA DE CONTENIDO

2	GENERALIDADES.....	6
2.1.1	Antecedentes del proyecto	7
2.1.2	Gestión Institucional.....	9
2.1.3	Superposición de proyectos.....	12
2.2	ALCANCES	16
2.3	METODOLOGÍA.....	20
2.3.1	Descripción del proyecto.....	22
2.3.1.1	Campo.....	22
2.3.1.2	Oficina	22
2.3.2	Definición de áreas de influencia	23
2.3.3	Caracterización Ambiental	27
2.3.3.1	Metodología para el Medio Abiótico.....	27
2.3.3.2	Metodología para el Medio Biótico.....	60
2.3.3.3	Medio Socioeconómico	131
2.3.3.4	Paisaje	136
2.3.3.5	Servicios ecosistémicos	141
2.3.4	Metodología Evaluación de impactos	141
2.3.4.1	Metodología para la Evaluación Con y Sin Proyecto.....	141
2.3.4.1	Evaluación ambiental de impactos acumulativos, sinérgicos y residuales.....	147
2.3.5	Evaluación económica en el proceso de evaluación de impacto ambiental.....	148
2.3.6	Zonificación Ambiental	150
2.4	DATOS DEL ESTUDIO Y SU CONSULTOR	152

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1	Relación de la solicitud de certificaciones para identificar la existencia de áreas y/o comunidades con reglamentación especial en el área del proyecto	11
Tabla 2-2	Superposición de Proyectos Licenciados con el Proyecto Solar Fotovoltaico “Atlántico”	14
Tabla 2-3	Actividades autorizadas vs. actividades objeto de modificación.....	18
Tabla 2-4	Fechas de ejecución trabajo de campo.....	21
Tabla 2-5	Componentes a considerar para el ajuste del área de influencia.	25
Tabla 2-6	Puntos de muestreo y observación de suelos.....	31
Tabla 2-7	Coordenadas de puntos de verificación	35
Tabla 2-8	Puntos de monitoreo de calidad de agua.....	41
Tabla 2-9	Número de verticales recomendadas.....	45
Tabla 2-10	Descripción equipo usado para medición del caudal en campo.	47
Tabla 2-11	Datos sonda parámetros in situ	48
Tabla 2-12	Puntos de monitoreo de calidad de aire.....	57
Tabla 2-13	Puntos de monitoreo de ruido	59

Tabla 2-14	Estadígrafo para el cálculo del error del volumen total.....	63
Tabla 2-14	Dimensión de las parcelas de muestreo	65
Tabla 2-15	Clasificación del Coeficiente de Mezcla (CM)	71
Tabla 2-17	Categorías de clasificación utilizadas por la UICN en sus listas rojas.....	73
Tabla 2-16	Descripción de métricas de paisaje que describen la fragmentación.....	75
Tabla 2-17	Rangos establecidos para determinar el grado de conectividad las clases naturales boscosas identificadas.	81
Tabla 2-17	Categorías resultantes análisis de fragmentación	83
Tabla 2-16	Fuentes citadas	88
Tabla 2-17	Número de forófitos y parcelas de otros sustratos en la caracterización de flora epífita por unidades de cobertura	91
Tabla 2-17	Abundancia de epifitas no vasculares con base a la cobertura estimadas	94
Tabla 2-20	redes de niebla de aves en el área de influencia del proyecto	102
Tabla 2-20	transectos de caracterización de aves en el área de influencia del proyecto.....	104
Tabla 2-20	trampas sherman de caracterización de mamíferos en el área de influencia del proyecto.	109
Tabla 2-21	cámaras trampas de caracterización de mamíferos en el área de influencia del proyecto	111
Tabla 2-22	Coordenadas de de tracks de observación para la fauna de mamíferos para la temporada del 25 de abril al 04 de mayo de 2023	112
Tabla 2-22	Coordenadas de tracks de observación para la fauna de mamíferos para la temporada del 2 al 10 de abril de 2024.....	113
Tabla 2-23	redes de niebla para caracterización de mamíferos en el área de influencia del proyecto	116
Tabla 2-24	Coordenadas de tracks de observación para la herpetofauna para la temporada del 25 de abril al 04 de mayo de 2023.....	121
Tabla 2-22	Coordenadas de tracks de observación para la herpetofauna para la temporada del 2 al 10 de abril de 2024.	122
Tabla 2-25	Tabla para reporte de las especies registradas mediante información primaria	125
Tabla 2-26	Resumen de Convocatoria y primer momento de socialización	133
Tabla 2-27	Resumen de Convocatoria y segundo momento de socialización.....	135
Tabla 2-28	Resumen de Convocatoria y tercer momento de socialización	135
Tabla 2-29	Matriz de valoración de la calidad paisajística	139
Tabla 2-30	Clasificación de la valoración de la calidad del paisaje	139

Tabla 2-31	Métricas (índices) utilizadas en el análisis de fragilidad paisajística..	140
Tabla 2-32	Clasificación elementos discordantes	140
Tabla 2-33	Importancia del impacto.....	146
Tabla 2-34	Relevancia del impacto ambiental	147
Tabla 2-35	Impactos acumulativos y sinérgicos identificados para el proyecto...	147
Tabla 2-36	Estructura del análisis de internalización de impactos negativos.	149
Tabla 2-37	Categorías de sensibilidad ambiental.	150
Tabla 2-38	Actividades autorizadas vs. actividades objeto de modificación Áreas sensibles	152
Tabla 2-39	Información técnica del proyecto	152

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1	Localización general del proyecto.....	7
Figura 2-2	Consulta SIAC Licencias Ambientales – Sector Hidrocarburos.....	13
Figura 2-3	Proyectos Superpuestos con Parque Solar Fotovoltaico “Atlántico”	15
Figura 2-4	Esquema metodológico general para la elaboración del Estudio Ambiental para soportar la Modificación de Licencia Ambiental.....	21
Figura 2-5	Ilustración para identificación, definición y delimitación de Área de Influencia	24
Figura 2-6	Puntos de muestreo y observación en campo	32
Figura 2-7	Puntos de verificación en campo	36
Figura 2-8	Formato para levantamiento de usos y usuarios.....	37
Figura 2-9	Actividades De La Etapa De Preparación	40
Figura 2-10	Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua área de intervención parque solar “atlántico”	43
Figura 2-11	Verticales y anchos parciales.....	45
Figura 2-12	Velocidad Media	46
Figura 2-13	Profundidad Promedio	46
Figura 2-14	Actividades de la etapa de campo	49
Figura 2-15	Formato de aforo para el tpd del proyecto	55
Figura 2-16	Localización geográfica de los puntos de aforo vehicular	56
Figura 2-17	Ubicación de estaciones puntos de monitoreo de calidad de aire	58
Figura 2-18	Ubicación de los puntos de monitoreo de ruido en el Área de Influencia del proyecto	60
Figura 2-19	Esquema de parcela para la caracterización florística del Área de Intervención	65
Figura 2-20	Formato para registro de información fustales	66
Figura 2-21	Formato para registro de información regeneración natural.....	68

Figura 2-22	Categorías de fragmentación.....	82
Figura 2-22	Parcelas de caracterización.....	90
Figura 2-23	Distribución de los forófitos y parcelas de otros sustratos en la caracterización de flora epífita por unidades de cobertura	91
Figura 2-23	Distribución ecológica Johannson.....	92
Figura 2-24	CARACTERIZACIÓN DE AVES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	107
Figura 2-27	Caracterización de mastofauna en el área de influencia del proyecto.....	118
Figura 2-28	Recorridos de observación y captura de anfibios y reptiles en el área de intervención	124
Figura 2-29	Sistema de clasificación fisiográfica del paisaje.....	137
Figura 2-30	Estructura general del proceso de Evaluación Económica Ambiental – EEA.....	148
Figura 2-31	Proceso metodológico para el análisis costo beneficio de los impactos residuales del proyecto.....	149
Figura 2-32	Componentes base del análisis de sensibilidad ambiental.....	151
Figura 2-33	Procesamiento de las capas espaciales	151

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1	Medición del área para realizar la excavación	30
Fotografía 2-2	Excavación de la cajuela	30
Fotografía 2-3	Toma De Muestras Fisicoquímicas.....	48
Fotografía 2-4	Muestreo de macroinvertebrados bentónicos	49
Fotografía 2-5	Muestreo de Plancton.....	50
Fotografía 2-6	Muestreo de Perifiton.....	51
Fotografía 2-7	Muestreo de fauna íctica.....	51
Fotografía 2-8	Delimitación de parcelas.....	65
Fotografía 2-9	Marcación de fustales.....	65
Fotografía 2-10	Marcación de forófitos	92
Fotografía 2-11	Subparcela 1X1	93
Fotografía 2-12	Unidad de Muestreo para Epífitas No vasculares	94
Fotografía 2-13	Observación de epífitas no vasculares	95
Fotografía 2-14	Colecta de Muestras No vasculares.....	96
Fotografía 2-15	Instalación y capturas con redes de niebla	101
Fotografía 2-16	Captura de aves con redes de niebla.....	101
Fotografía 2-17	Instalación y capturas con redes de niebla	102
Fotografía 2-18	Captura de aves con redes de niebla.....	102

Fotografía 2-19	Instalación de Trampa Sherman	108
Fotografía 2-20	Revisión de Trampa Sherman	108
Fotografía 2-21	Instalación de cámaras Trampa.....	112
Fotografía 2-22	Instalación de redes de niebla	116
Fotografía 2-23	Recorrido de observación herpetofauna	119
Fotografía 2-24	Búsqueda activa de herpetofauna	119
Fotografía 2-25	Registro fotográfico de anfibios.....	120
Fotografía 2-26	Registro fotográfico de reptiles	120

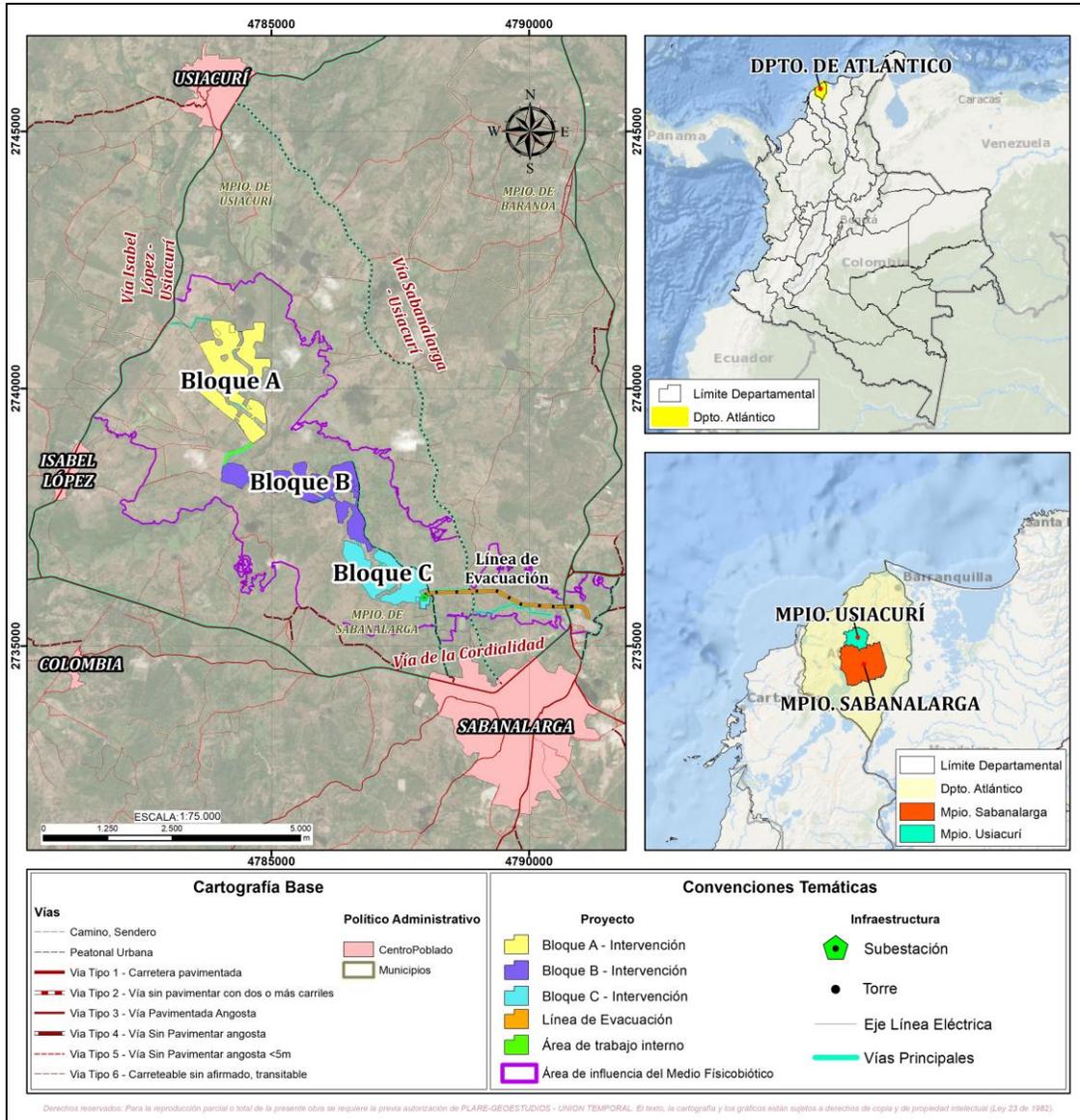
2 GENERALIDADES

En el presente capítulo se presentan los aspectos generales aplicados al proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 Mw, junto a su Línea de Evacuación de 500 Kv”, previos a la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, tales como, antecedentes, las diferentes gestiones institucionales obligatorias en el marco del licenciamiento, la justificación del proyecto, el alcance del proyecto en todas sus fases o etapas, así como las metodologías utilizadas para la elaboración del EIA para la Modificación de Licencia Ambiental.

El Proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV”, está localizado en el departamento del Atlántico, a unos 2,00 kilómetros al noroccidente de la cabecera municipal de Sabanalarga, por la vía que conduce a Luruaco. El proyecto en mención tiene un área de influencia físicobiótica de 2844,60 ha, donde el 82% del proyecto reposa en el municipio de Sabanalarga y el restante 18% del proyecto reposa en el municipio de Usiacurí y un área total de intervención de 435,23ha, con 65,60% de ocupación en el municipio de Sabanalarga y 34,39% en Usiacurí. La autoridad ambiental, con jurisdicción en el área donde se desarrolla el proyecto, corresponde a la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA), sin embargo, es la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, la entidad competente para pronunciamiento y seguimiento del proyecto.

En la **Figura 2-1** se presenta la localización general del proyecto, en donde se ubican las áreas de intervención del parque solar y su línea de evacuación de energía de 500 kV.

FIGURA 2-1 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Fuente: U.T. PLARE GEOESTUDIOS, 2023

2.1.1 Antecedentes del proyecto

En el marco global de la transformación energética, orientada a la protección y conservación del medio ambiente, Colombia tiene como objetivo dentro del Plan Energético Nacional – PEN- la satisfacción de las necesidades energéticas como resultado del crecimiento poblacional, crecimiento de la demanda energética por parte de comunidades, crecimiento económico, entre otros, e incluirse como un referente en los compromisos para mitigar el cambio climático.

Esta transformación energética, presupone nuevos sistemas energéticos, aumento en el uso de fuentes renovables y en general nuevas tecnologías más limpias y amigables con el ambiente, que garanticen o vayan alineados con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS.

Según lo expuesto y en consecuencia del Plan Energético Nacional - PEN¹, Atlántico Photovoltaic S.A.S. E.S.P. avanza en la ejecución del proyecto de Generación Solar Fotovoltaica “Atlántico Photovoltaic” de 199,5 MW, el cual se ubicará en los municipios de Sabanalarga y Usiacurí en el departamento del Atlántico y que se conectará en la subestación eléctrica (SE) de Sabanalarga por medio de la línea de evacuación de alta tensión tramo superficial 3,01 km y un complemento con un tramo subterráneo de 466,78m para una longitud total de 3,47km, para definir de extra alta tensión (500 kV), amparado con la correspondiente Licencia Ambiental Resolución 01270 del 19 de julio de 2021, otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA.

El proyecto se basa en la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables no convencionales (FNCER) como lo es la radiación solar la cual es transformada por medio de tecnología fotovoltaica. El proyecto representa un impacto altamente positivo a la matriz de generación eléctrica del país, donde cubrirá la demanda promedio de unos 240 mil hogares.

Por lo anterior y en cumplimiento del proceso de licenciamiento, la sociedad Atlántico Photovoltaic S.A.S. mediante oficio con radicado No. 2018122309-1-000 del 05 de septiembre de 2018, solicitó pronunciamiento de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (en adelante ANLA) respecto a la necesidad realizar un Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) para el proyecto el proyecto “*Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV.*”

Como resultado del estudio del documento radicado ANLA procede a emitir pronunciamiento relacionado con la necesidad o no de presentar el DAA para el proyecto “*Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV*”, localizado en jurisdicción de los municipios de Sabanalarga y Usiacurí, en el departamento del Atlántico-

Por medio del radicado No. 2018144010-2-000 emitido el 08 de octubre de 2018 y cargado al Expediente NDA1224-00, la Autoridad concluye que el proyecto no requiere DAA y autoriza entre otros aspectos: “*Proceder con la elaboración y presentación del Estudio de Impacto Ambiental – EIA – para el proyecto, el cual debe de estar acorde con lo establecido en el Artículo 2.2.2.3.5.1. del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, con los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA - en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica, código TdR-015, acogidos mediante Resolución 1670 del 15 de agosto de 2017 y con la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales establecida mediante Resolución 1402 del 25 de julio del 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*”.

¹ 2020 - 2050

Posteriormente, la sociedad mediante radicado 2020161852-1-000 del 22 de septiembre de 2020, solicitó a la ANLA, el otorgamiento de licencia ambiental para el proyecto de generación de energía solar denominado “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW” junto a su línea de evacuación de 500 kV, localizado en los municipios de Sabanalarga y Usiacurí en el departamento del Atlántico.

Mediante Auto 10789 del 12 de noviembre de 2020, ANLA dispuso iniciar trámite administrativo de evaluación de licencia ambiental, para el proyecto denominado “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV” localizado en los municipios de Sabanalarga y Usiacurí en el departamento del Atlántico.

Que una vez ANLA consideró que la información suministrada por la Sociedad en el EIA, en la información adicional y con la verificación de campo, era suficiente, emitió el Concepto Técnico 4121 de 16 de julio de 2021, en donde declaró reunida la información necesaria para decidir sobre la solicitud de Licencia Ambiental solicitada para el proyecto “Atlántico Photovoltaic junto a su línea de evacuación de 500 kV” localizado en los municipios de Sabanalarga y Usiacurí en el departamento del Atlántico, solicitada por la sociedad ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S. E.S.P., por lo cual consideró pertinente dar viabilidad ambiental al proyecto.

Finalmente, mediante la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, ANLA otorga Licencia Ambiental a la sociedad ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S.E.S.P, para el proyecto “Atlántico Photovoltaic junto a su línea de evacuación de 500 kV”, localizado en los municipios de Sabanalarga y Usiacurí en el departamento del Atlántico, el cual ocupa un área de intervención de 414,78 ha; compuesta por tres (3) bloques independientes, el Bloque A (zona norte), el Bloque B (zona centro) y el Bloque C (zona sur), más los centros de transformación, las vías internas, la subestación elevadora, las áreas de maniobra de la subestación, áreas de movimiento tierra, zanjas y ocupaciones de cauce con un área total de 413,61 ha, así mismo incluyen el área de las torres de la línea de evacuación de 1,12 ha, el área de los radios de giro de la vía de acceso adecuar de 0,02 ha y el área del tramo subterráneo de la línea de evacuación de 0,69 ha. (ver **Anexo_12_ Licencia Ambiental**).

2.1.2 Gestión Institucional

Previo a la solicitud de la Licencia Ambiental, la sociedad solicitó a las diferentes entidades el pronunciamiento y certificación relacionado con la existencia de condiciones con reglamentación especial, ya sea ambiental, social o uso. (ver **Tabla 2-1**).

Como resultado para el momento de Licenciamiento inicial, se concluyó y gestionó lo siguiente:

- De acuerdo con la Resolución Número ST – 0540 de 30 jun 2020, emitida por la Dirección Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior (MIJ), en el área del proyecto no se evidencia presencia de comunidades Indígenas, Negras, Afrocolombianas, Raizales, Palenqueras y Rom, por tanto, no procede Consulta Previa. (ver **Anexo 1 Comunicaciones/Comunicaciones EIA 2021/ Res_ST-0540_30Jun20_Proced_Consulta Previa 2021**).

- El Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH, mediante resolución 419 del 17 de junio de 2020, aprobó el Programa de Arqueología Preventiva para el proyecto Atlántico Photovoltaic de 199,5 Mw. (ver **Anexo_11 Arqueología/11.1 Resoluciones PAP, PMA y otros**).

Para la elaboración “Estudio de Impacto Ambiental Modificación de Licencia No1 del proyecto “Parque Fotovoltaico Atlántico de 199,5 Mw junto a su línea de evacuación de 500 kV”, se solicitaron ante las entidades nacionales, regionales y locales las certificaciones que permitan establecer si a 2023 en el área del proyecto se encuentran zonas y/o comunidades con reglamentación especial. De esta manera, en la **Tabla 2-1** se presenta el trámite adelantado y se relaciona la respuesta por parte de la autoridad competente.

Igualmente, es importante mencionar que para el desarrollo de las actividades bióticas, flora, flora epífita y fauna, se activó el permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales, otorgado mediante Resolución 01906 de 7 de septiembre de 2022 a la sociedad Geoestudios Ingeniería S.A.S., el cual fue debidamente activado el 13 de abril de 2023, dando cumplimiento al procedimiento correspondiente ante la ANLA (ver **Anexo_1 Comunicaciones/Comunicaciones EIA 2023/1.1 Gestión Institucional Nacional/1.1.2_Permiso de Colecta**). Así mismo para la fase de campo dada con ocasión de la respuesta a los requerimientos de información adicionales establecidos en el Acta 05 del 15 de febrero de 2024, el día 07 de marzo de 2024 mediante radicado 20246200259352, se realizó la notificación de inicio de actividades en campo, dando cumplimiento a las obligaciones establecidas en el numeral 1 del Artículo tercero de la Resolución 2447 del 6 de octubre de 2022, por la cual se otorgó un Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales a la empresa Health Safety and Environment SAS (Ver Anexo_ 1 Comunicaciones/Comunicaciones RIA).

**ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL
PROYECTO “ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE
EVACUACIÓN DE 500 KV”**

**TABLA 2-1 RELACIÓN DE LA SOLICITUD DE CERTIFICACIONES PARA IDENTIFICAR LA EXISTENCIA DE ÁREAS Y/O COMUNIDADES CON
REGLAMENTACIÓN ESPECIAL EN EL ÁREA DEL PROYECTO**

SOLICITUD /ENTIDAD	RADICACIÓN		RESPUESTA		OBSERVACIONES
	FECHA	RADICADO	FECHA	RADICADO	
Certificaciones otorgadas por entidades					
Solicitud de determinación de procedencia y oportunidad de la consulta previa para la ejecución de proyectos, obras o actividades / Ministerio del interior y de Justicia - MIJ	27 abril 2020	EXTMI2020-15020	-	-	Que no procede consulta previa con comunidades indígenas, negras y rom para el desarrollo del proyecto
Certificación de existencia de Reservas de la Sociedad Civil /Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil - RESNATUR	20 de junio de 2023	Sin número de radicado	30 de junio de 2023	Respuesta vía e-mail -	RESNATUR no tiene registro de reservas naturales de la sociedad civil en el municipio de Aguazul.
Solicitud sobre existencia de Parques Nacionales Naturales (PNN), áreas de reserva y/o algún tipo de área protegida, al igual que áreas potenciales y demás ecosistemas estratégicos que se identifique sobre el proyecto de interés. PNN	20 de junio de 2023	20234600078472	4 de julio de 2023	20232400638111	No presenta traslape con PNN, Áreas SINAP, nuevas áreas o en ruta declaratoria, Reservas naturales de la sociedad Civil
Solicitud sobre existencia de, Áreas Protegidas, y/o Áreas Prioritarias de Conservación que se traslapen con el proyecto de interés - CRA	20 de junio de 2023	202314000057822	01 de agosto de 2023	004139	No presenta traslape con Áreas Protegidas, El área de influencia del proyecto se superpone con áreas de cuencas abastecedoras, identificadas por esta Corporación como áreas de importancia para la conservación de los recursos hídricos en el Departamento del Atlántico, adoptadas mediante la resolución No. 000440 de 2019.
Oficio de presentación y solicitud de información Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA - – Fuentes de Materiales y otros	20 de junio de 2023	202314000057812	04 de julio de 2023	003591	Listado de los proyectos mineros con permisos y/o licencias ambientales en los municipios de Sabanalarga y Usiacurí, Departamento de Atlántico
Solicitud de información de existencia de superposición de proyectos con el área del proyecto “Atlántico Photovoltaic junto a su línea de evacuación de 500 kV”	21 de junio de 2023	20236200249432	26 de junio de 2023	20232300182901	El proyecto se superpone con proyectos que se relacionan en el numeral 2.3 del presente Capítulo
Certificación sobre la existencia de áreas naturales que se encuentren bajo alguna categoría de protección o ecosistemas estratégicos Departamentales o Municipales, Humedales, AICAS u otros ecosistemas estratégicos identificados	20 de junio de 2023	2023E1027253	16 de agosto de 2023	21022023E2023568	Se identifica traslape con áreas de humedales del Mapa Nacional de Humedales Versión 3 de 2020,

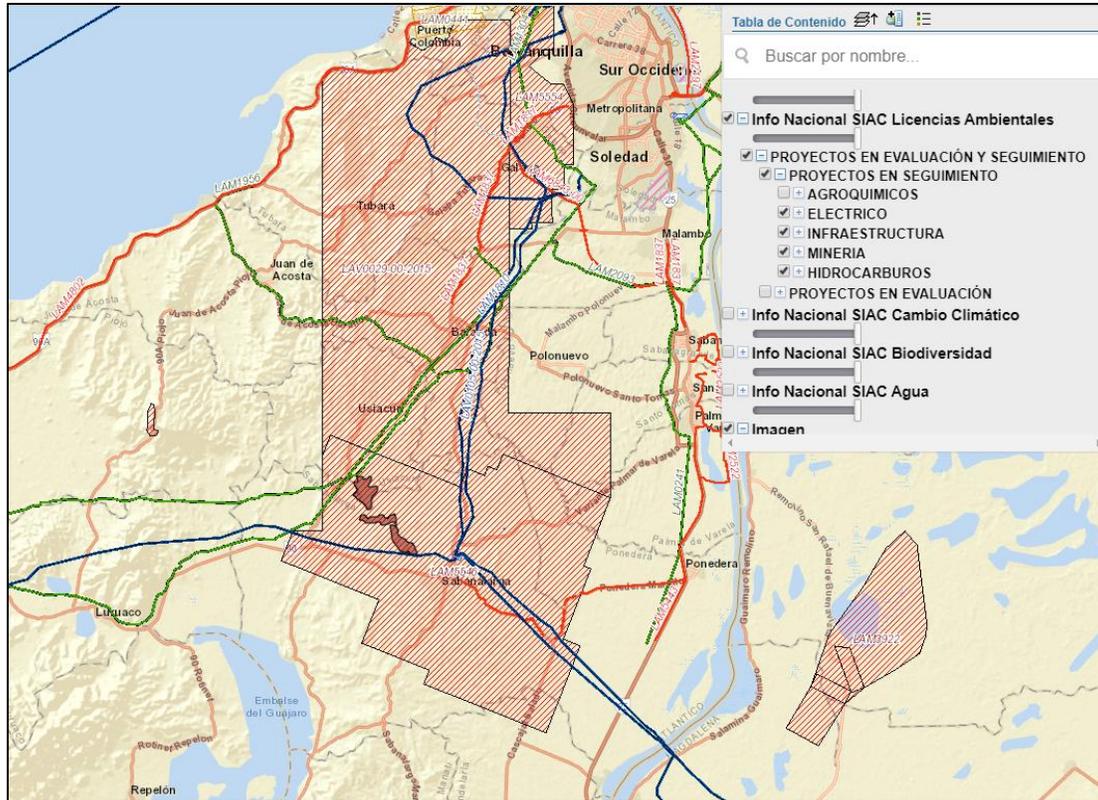
Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023.

2.1.3 Superposición de proyectos

En cumplimiento con lo requerido por el artículo 2.2.2.3.6.4. Superposición de Proyecto del Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, la Sociedad realizó para el EIA 2021, la consulta ante ANLA, para establecer los proyectos licenciados que se superponen con el proyecto y cuyos resultados y gestión fueron enunciados en la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, por lo que los proyectos que se traslapan con el proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV”, son: (ver **Figura 2-2**).

- Área de Perforación Exploratoria Sinú-San Jacinto NORTE-1 SSJN (Expediente LAM5546). Licencia otorgada a la firma LEWIS ENERGY COLOMBIA INC., corresponde a un bloque de 29.392,1985 ha en las cuales el operador tiene la probabilidad de explorar y explotar Hidrocarburos.
- Operación y Mantenimiento del Poliducto Cartagena Baranoa y su Infraestructura asociada, Expediente LAM2493 cuyo titular es la empresa “Cenit Transporte y Logística de Hidrocarburos S.A.S.”
- Subestación Caracolí 220 kV y Líneas de Transmisión Asociadas, Licencia ambiental que obra en el expediente LAV0105-00-2015 y cuyo titular es la sociedad INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A E.S.P.
- Línea de transmisión de 220 kV Subestación Nueva Barranquilla - Sabanalarga y Línea de transmisión a 220 kV. Sabanalarga - Fundación, cuyas licencias ambientales obran en los expedientes LAM1810 y LAM0997 otorgadas a la sociedad TRANSELCA S.A E.S.P.
- Sistema de Gasoductos de la Costa Atlántica - nuevo cruce Del canal del dique y caño correa, licencia que obra en el Expediente LAM 0241, cuyo titular es la empresa Promigas S.A. E.S.P.

FIGURA 2-2 CONSULTA SIAC LICENCIAS AMBIENTALES – SECTOR HIDROCARBUROS



Fuente: Consulta SIAC, 2023,

En la Resolución 01270 del 19 de julio de 2021, ANLA concluye: “Por lo tanto, el proyecto se superpone únicamente con cinco (5) proyectos: dos (2) del sector de Hidrocarburos los cuales se cruzan en la vía de acceso (LAM 2493) y con el área de influencia del proyecto (LAM 5546) y tres (3) de Energía (LAM 1810, LAV 0105-00-2015 y LAM 0997) que llegan a la Subestación Sabanalarga.”. Para lo cual, la Sociedad estableció en su momento los debidos oficios informativos con cada uno de los titulares de las licencias y que quedaron consignados en la Licencia Ambiental. (**Anexo_1 Comunicaciones / Comunicaciones EIA 2021/Oficios Reuniones Superposición**)

Sin embargo, una vez analizados los criterios en la evaluación de la licencia ambiental relacionados con la superposición de proyectos y los seguimientos ambientales, se considera, que dicha superposición no contará con impactos ambientales en áreas con cruces de infraestructura existente, toda vez que hacen parte de áreas de exclusión y áreas de intervención alta establecidas por ANLA, mediante el artículo quinto de la Resolución 01270 del 19 de julio de 2021, como así también quedó ratificado en el Acta 064 de 14 de marzo de 2023, queda establecido que no se considera necesario aplicar medidas de manejo y seguimiento para el tema de superposición de proyectos, ya que no se relacionan impactos ambientales, porque no aplican, dado que no se intervendrán áreas con infraestructura de otros proyectos, (zonas de exclusión). (**Anexo_1 Comunicaciones/ Comunicaciones EIA 2023/Acta_64_14_03_2023.pdf**).

- Con el fin de actualizar la información, la Sociedad realizó nuevamente consulta mediante oficio con radicación ANLA 20236200249432 del 21 de junio del 2023. “Solicitud de información de existencia de superposición de proyectos con el área del proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV”, a lo cual la Autoridad mediante Oficio Radicado 20232300182901 de 26 de junio de 2023, informa que, se realizó la consulta con la base de datos geográfica de ANLA consolidada a la fecha, de proyectos licenciados y en evaluación en el polígono “AI_TOTAL_Atlantico” suministrado en la solicitud, y se encontró superposición con los siguientes proyectos (ver **Tabla 2-2** y **Figura 2-3**) (ver **Anexo 1 Comunicaciones/Comunicaciones EIA 2023/1.1_Gestión Institucional Nacional/1.1.1 Oficios**)

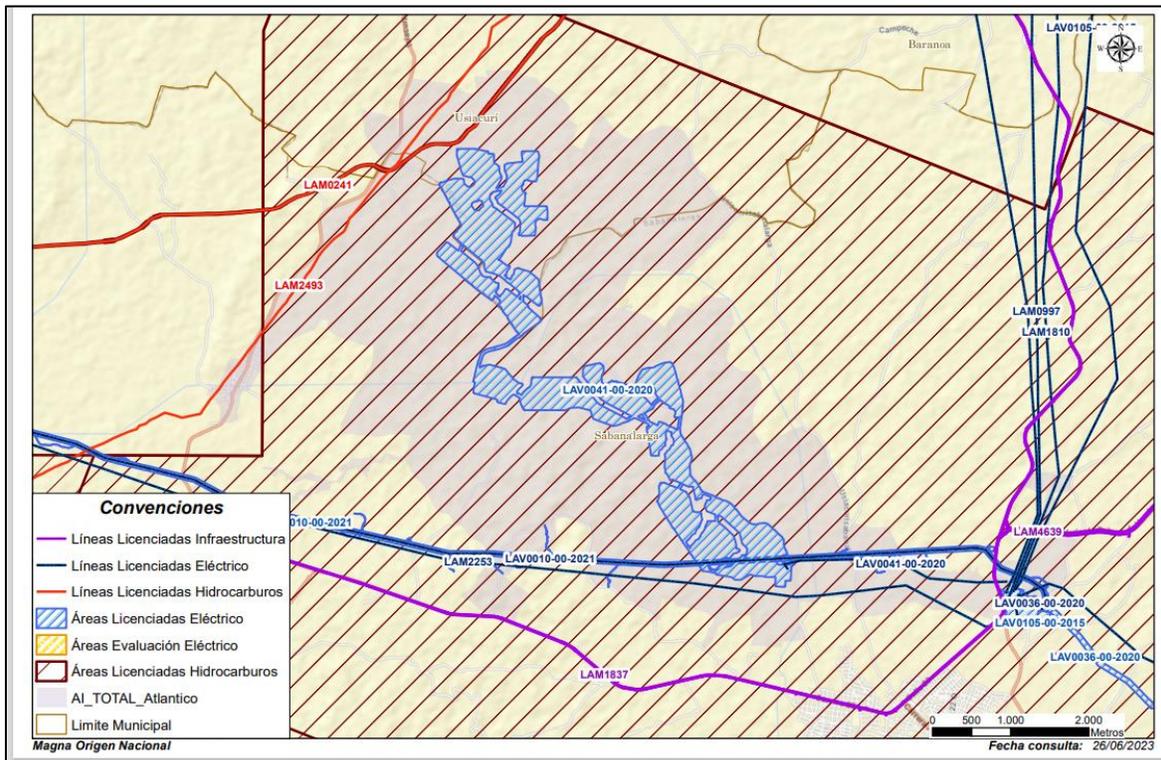
TABLA 2-2 SUPERPOSICIÓN DE PROYECTOS LICENCIADOS CON EL PROYECTO SOLAR FOTOVOLTAICO “ATLÁNTICO”

EXPEDIENTE	SECTOR	OPERADOR	PROYECTO	NÚMERO DEL ACTO ADMINISTRATIVO	FECHA DEL ACTO ADMINISTRATIVO
LAM0241	Hidrocarburos	PROMIGAS S.A E.S. P	GASODUCTO PAIVA - CARACOLÍ	709	30/04/2019
LAM0997	Energía	TRANSELCA S.A. ESP	LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 220 KV. SABANALARGA - FUNDACIÓN	592	29/05/2003
LAM1810	Energía	TRANSELCA S.A. ESP	INTERCONEXIÓN SABANALARGA-NUEVA BARRANQUILLA A 220 KV	1234	14/12/1998
LAM1837	Infraestructura	Autopistas del Sol S.A.S.	Construcción de la Doble Calzada de la Carretera Cartagena - Barranquilla o de la Cordialidad	302	23/03/2000
LAM2253	Energía	INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. E.S.P. ISA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 230 KV. CIRCUITO SENCILLO SABANALARGA-CARTAGENA	1080	26/10/2000
LAM2493	Hidrocarburos	ECOPETROL S.A.	OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DEL POLIDUCTO CARTAGENA BARANOA Y SU INFRAESTRUCTURA ASOCIADA	704	30/07/2001
LAM4639	Infraestructura	AUTOPISTAS DEL SOL S.A.S.	CONSTRUCCIÓN DE LA DOBLE CALZADA SABANALARGA – PALMAR DE VARELA	1909	26/09/2011
LAM5546	Hidrocarburos	LEWIS ENERGY COLOMBIA INC	ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA SINÚ SAN JACINTO NORTE-1 SSJN	195	18/03/2013
LAV0010-00-2021	Energía	INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. E.S.P.	LÍNEA DE TRANSMISIÓN SABANALARGA - BOLÍVAR A 500KV	1452	18/08/2021

EXPEDIENTE	SECTOR	OPERADOR	PROYECTO	NÚMERO DEL ACTO ADMINISTRATIVO	FECHA DEL ACTO ADMINISTRATIVO
LAV0025-00-2022	Energía	ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S. ESP	AMPLIACIÓN DE UNA BAHÍA DE LÍNEA TIPO GIS EN LA SUBESTACIÓN SABANALARGA 500kV	2760	26/04/2022
LAV0036-00-2020	Energía	GUAYEPO SOLAR S.A.	PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO 400 MW, SU	879	4/05/2023

Fuente: ANLA, Oficio Radicado 20232300182901 de 26 de junio de 2023

FIGURA 2-3 PROYECTOS SUPERPUESTOS CON PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO “ATLÁNTICO”



Fuente: ANLA, Oficio Radicado 20232300182901 de 26 de junio de 2023

De la anterior consulta, se concluye que para la presente modificación de Licencia Ambiental, se identifica un nuevo proyecto que corresponde a “Línea De Transmisión Sabanalarga - Bolívar A 500kv cuyo titular es INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A. E.S.P. – (ISA Expediente LAV0010-00-2021, Acto Administrativo 1452 de 18 de agosto de 2021), para lo cual “Atlántico Photovoltaic”.

Es importante mencionar que “Atlántico Photovoltaic”, cumplirá con lo establecido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE en cuanto a: “Toda línea de transmisión aérea con tensión nominal igual o mayor a 57.5 kV debe tener una zona de

seguridad o derecho de vía, la cual debe estar definida antes de la construcción de la línea”, por lo que si la línea de transmisión va paralela a una línea de transmisión existente, es importante respetar la servidumbre de cada una de ellas. Si por algún motivo esta se debe compartir, prevalece la servidumbre de la línea de transmisión con mayor voltaje, dado que las dos líneas corresponden a la misma tensión nominal de 500kV y el traslape es por servidumbre, se dará cumplimiento a las normas técnicas RETIE.

De otra parte y en consideración a la zonificación de manejo impuesta por ANLA y cuyos criterios se mantienen para la presente modificación, las áreas con presencia de redes de prestación de servicios públicos se consideran de áreas de intervención con restricción media, en las cuales se debe dar cumplimiento estricto al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.

2.2 ALCANCES

El alcance del presente Estudio de Impacto Ambiental es presentar la información técnica y ambiental que sustente la solicitud de Modificación de Licencia Ambiental, otorgada mediante Resolución 01270 de 19 de julio de 2021 por parte de la ANLA, para el proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV” y que sirva de soporte para la toma de decisión a la ANLA, respecto de viabilizar las actividades que hacen parte de la presente solicitud, en tal sentido, el estudio incluye:

- La descripción de las características técnicas de las actividades objeto de modificación en el marco del Proyecto, Obras y Actividades – POA- ya autorizadas para el proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, junto a su línea de evacuación de 500 kV” (Resolución 01270 del 19 de julio de 2021).
- Elaboración y actualización de los componentes físico-bióticos que pueden proporcionar información de soporte para la toma de decisión de viabilidad ambiental. empleando los lineamientos vigentes de la autoridad ambiental para esta actividad.
- Presentar el área de influencia propuesta frente a la trascendencia de los posibles impactos ambientales derivados de las actividades de la modificación
- Actualización de la caracterización socioeconómica para las unidades territoriales presentes en el área del proyecto.
- La identificación y evaluación de los impactos ambientales para las actividades objeto de modificación.
- Validación y/o ajuste del Plan de Manejo Ambiental, en consideración de las actividades, obras y permisos objeto de modificación.
- Igualmente, y en congruencia con el ajuste del Plan de Manejo Ambiental, se ajustará el Plan de Seguimiento y Monitoreo de las medidas para las actividades objeto de modificación y las que apliquen.
- Evaluar la pertinencia de ajustar la valoración económica de los impactos ambientales significativos mediante la identificación y cuantificación física y monetaria de los beneficios y costos derivados de los cambios en los bienes y servicios ambientales producidos por los recursos naturales.

- Documentar el proceso de lineamientos de Participación y Comunicación a los actores sociales identificados en el área de influencia del proyecto.
- Actualizar el Plan de Gestión del Riesgo, que contenga el Plan de Contingencia y Atención de Emergencias. El PGR partirá de la información evaluada y aprobada en la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, y se realizará con base al Decreto 2157 de 2017.
- Presentar la GDB y metadatos para el proyecto acorde con la normatividad legal vigente Resolución 2182 de 2016 “Relacionada con el Modelo de Almacenamiento Geográfico”.

En la **Tabla 2-3** se presenta las etapas y actividades del proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, junto a su línea de evacuación de 500 kV” con relación a lo autorizado en la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, frente al alcance de la modificación.

TABLA 2-3 ACTIVIDADES AUTORIZADAS VS. ACTIVIDADES OBJETO DE MODIFICACIÓN

DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN EL ÁREA					
ETAPA	ACTIVIDAD	AUTORIZADAS RES. 01270 DE 19 JULIO DE 2021	OBRAS Y/O ACTIVIDADES OBJETO DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	
Construcción y montaje	Parque Solar - Subestación Elevadora	Gestión sobre derechos de ocupación de las tierras y constitución de servidumbres para obras objeto de modificación	De acuerdo con la Res. 01270 (19/07/21) esta actividad por ser previa no hace parte de la Licencia Ambiental (+)	Se mantiene lo aprobado	Desde el inicio del proyecto se ha trabajado con los propietarios de predios que hacen parte del AI para concertar los acuerdos inmobiliarios que permitan la implantación del proyecto y poder tener los derechos de ocupación de la planta durante la fase de construcción y montaje, y operación del proyecto. Dadas las nuevas actividades, la sociedad deberá ajustar este proceso con nuevos actores presentes debido especialmente a la segregación de predios
		Nivelación de las zonas con pendientes y preparación del terreno (incluye vías y zanjados de baja y media tensión)	Artículo Segundo - Numeral 2 Actividades	Se mantiene lo aprobado	Teniendo en cuenta la topografía del terreno y el tipo de estructuras a instalarse la sociedad deberá realizar los movimientos de tierra necesarios para obtener las inclinaciones permitidas y adecuar las superficies en afirmado. Por medio de maquinaria pesada se realizan las excavaciones (cortes y llenos) para llegar al nivel del terreno requerido por las estructuras de los paneles solares, vías internas y zanjas para la instalación de las redes de baja y media tensión. Esta actividad autorizada será ejecutada para el desarrollo de las nuevas actividades como la vía sur y obras menores de cruces de cuerpos de agua
		Vía de acceso sur	-	Describir el diseño y especificaciones de construcción de la vía de acceso sur del Parque y solicitud para uso de vía secundaria de acceso a vía sur (*)	Solicitar la aprobación para la construcción de la vía sur, con una longitud de 840,00 m que inicia desde el cruce de la vía Sabanalarga – Usiacurí, y conecta con la Subestación Elevadora. Esta vía se construirá sobre la servidumbre de la línea de evacuación de 500 kV, la cual permitirá acceder al área del parque por el sector sur, facilitando el acceso de todos los vehículos de obra y transporte de equipos, maquinaria y materiales.
		Obras para cruces de cuerpos de agua por vallado, zanjado y adecuación de vías internas	Artículo Cuarto - Numeral 1 Ocupación de cauces	Solicitud de nuevas Ocupaciones de cauce y cambio de estructuras y ampliación de áreas de ocupación de cauce (*)	Corresponde a la construcción y operación de obras de cruce sobre los cuerpos de agua, ya sean cuerpos permanentes o temporales con infraestructuras como tubos, box culvert, entre otros, para vías, zanjados para paso de redes de baja y media tensión y estructuras de soporte para los vallados de las áreas operativas. Es importante mencionar, que el ajuste final del diseño de las obras, se realizará en la etapa de ingeniería de detalle. <ul style="list-style-type: none"> - Modificar las ocupaciones de cauce OC1, OC5, OC8, OC10, OC17, OC18 y OC19 por modificación de estructura de drenaje. Para la ocupación de cauce OC-17 (Drenaje 2) y OC-19 (Caño NN2) se ha propuesto en el documento "Estudio básico del drenaje para el Proyecto" (ver Anexo 3 Caracterización Ambiental//3.4 Estudios básicos), un cajón de hormigón o box culvert multicelda con 2 cajones de dimensiones de 1,50 m de ancho por 1,00 m de altura cada uno. Este box multicelda se construirá como obra de drenaje transversal a la vía interna principal del parque. - Ocupación de cauce nueva por vía: OCN 20: Corresponde a obra de paso sobre el Arroyo Cajón, necesaria para la construcción de la vía sur. La obra proyectada de drenaje para la ocupación es un marco de hormigón o box culvert multicelda con 4 cajones de dimensiones de 2,00 m de ancho por 2,00 m de altura cada uno. - Ocupaciones de cauce nueva por vallado: <ul style="list-style-type: none"> Bloque A: OCNV31, OCNV32, OCNV 33, OCNV 34, Bloque C: OCNV 35 - Ampliación de las áreas de ocupación de cauce aprobadas: Área 4, Área 5 y Área 8 (La descripción detallada se presenta en el Capítulo 7 – Demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales).
		Transporte de materiales, maquinaria y equipos	Artículo Segundo.- Numeral 2 Actividades	Se mantiene lo aprobado	Hace referencia al transporte de insumos y equipos a través de las vías al interior del proyecto hasta cada uno de los lugares donde se instalará el parque solar, la subestación elevadora y su línea de evacuación, así, como el tramo correspondiente al centro poblado del corregimiento de Isabel López. Igualmente, por el sector sur del proyecto se tiene la vía de acceso proyectada (Vía Sur), la cual permitirá el ingreso de materiales, personal, equipos y maquinaria.
		Construcción y/o instalación de infraestructuras de apoyo	Artículo Segundo.- Numeral 2 Actividades	Se mantiene lo aprobado	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación y operación de un campamento de obra temporal e instalación de baños portátiles. - Adecuación de áreas para el acopio de insumos, así como para el mantenimiento de equipos y maquinaria - Construcción de vías internas para el proyecto. que permitirán el acceso a los centros de transformación. Estas vías internas de los predios no requerirán ningún tipo de adecuación por parte del proyecto, particularmente los tramos faltantes para llegar al sitio puntual de torre se harán por medio de tracción animal. - Zanjas (en donde se instalará la tubería): para la red de media tensión.
		Instalación de infraestructura del parque solar	Artículo Primero Artículo Segundo Numeral 1 Infraestructura u obras (No3)	Se mantiene lo aprobado	<ul style="list-style-type: none"> - Esta actividad hace referencia a la instalación de los equipos principales que componen el parque solar fotovoltaico. Dentro de las obras más representativas se destaca: - Instalación de 558.096 módulos fotovoltaicos, distribuidos en mesas de 3 filas por 20 módulos. - Construcción de 35 Centros de Transformación. Estos centros estarán conformados por dos componentes: 1) los inversores, que cumplen la función de convertir la corriente directa (dc) producida por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (ac); y 2) el transformador, que elevada a una tensión mayor (media tensión) la energía generada para reducir las pérdidas por transmisión. Cada grupo de generadores fotovoltaicos se conectan a un centro de transformación (CT). Según la configuración en campo habrá centros sencillos que contendrán 1 transformador de 3,6 MVA – 34,5 kVac/0,645 kV y ocuparán un área aproximada de 25 m² y centros dobles con 2 dos transformadores y el doble de área (50 m²). - Instalación de 60 inversores de 3,6 MW. - Se construirá la subestación elevadora dentro de la planta solar, que tendrá un área aproximada de 3,5 ha; esta subestación tendrá como objetivo elevar la energía generada en los módulos o mesas solares previo al ingreso de la energía generada a la subestación de Sabanalarga, es decir, elevando el voltaje hasta 500 kV
		Zodmes		Solicitud de autorización de dos (2) Zodmes	Incluir dos (2) Zonas de Disposición de Material Estéril – ZODME, proveniente de excavaciones, que se encuentran en el Bloque A: Zodme 1 con 1,13 ha Bloque B: Zodme 2: 1,87 ha

DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN EL ÁREA					
ETAPA	ACTIVIDAD	AUTORIZADAS RES. 01270 DE 19 JULIO DE 2021	OBRAS Y/O ACTIVIDADES OBJETO DE MODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	
Construcción y montaje	Línea de evacuación	Transporte de materiales, maquinaria y equipos	Artículo Segundo.- Numeral 2 Actividades	Se mantiene lo aprobado	Hace referencia al transporte de insumos y equipos hacia los sitios de torre a través de las vías y caminos existentes en cada finca del área de influencia donde se implantará la línea de evacuación. Dado que las vías internas de los predios son existentes, se hará uso de esta infraestructura para la construcción, montaje y mantenimiento de la línea; es de anotar que, esta es una facilidad para las líneas de transmisión existentes en la zona por la cercanía de estos predios a la Subestación Sabanalarga
		Construcción de la línea de evacuación tramo superficial	Artículo Primero Numeral B Línea de Evacuación Artículo Segundo Numeral 1 Infraestructura u obras (No 5)	Ajustar especificación aprobada en el sentido de ampliar la dimensión de las áreas de trabajo de las torres 40 x 60 m (*)	<ul style="list-style-type: none"> - Se construirá la línea de evacuación, la cual contará con 11 torres y tendrá una longitud total de 3,47 km, de los cuales 3,01 km corresponden al tramo de línea aérea y los 466,78 m corresponden al tramo subterráneo. La conducción de la energía se realizará mediante un tendido de 500 kV hasta la posición habilitada por Intercolombia. - Se solicitará ampliación de la dimensión de las áreas de trabajo asociadas a cada una de las torres a 2400 m² (40m x 60 m) y su correspondiente permiso de aprovechamiento forestal. - Se consideraron los accesos a la franja de servidumbre y dentro de los cuales se destacan las carreteras principales, secundarias, carretables, privadas y de herradura (peatonales), etc., tomando como base las condiciones y parámetros técnicos, ambientales y sociales para determinar el estado y posible uso de las vías existentes, luego los caminos de herradura por donde se puedan movilizar semovientes y personal a pie.
		Obras para cruces de cuerpos de agua por vallado, zanjado y adecuación de vías internas	Artículo Cuarto - Numeral 1 Ocupación de cauces	Solicitud de Ocupaciones de cauce asociadas a las Torres	Dada la localización de las torres, se identifica la necesidad de solicitar nuevas ocupaciones de cauce en ronda hídrica de las áreas de trabajo temporales para la construcción de las torres <ul style="list-style-type: none"> - Torre 4 OCNT 21 - Torre 6 OCNT 22 - Torre 7 OCNT 23, OCNT 24 - Torre 9 OCNT 25
		Construcción tramo de línea subterráneo	Artículo Primero Numeral B Línea de Evacuación Artículo Segundo Numeral 1 Infraestructura u obras (No 5)	Se mantiene lo aprobado	A partir de la Torre 11 se continuará la línea de transmisión a 500 kV de red aérea a red subterránea con el fin de no presentar interferencia con las líneas de transmisión existentes a 220 kV y 500 kV a su entrada a la subestación Sabanalarga 500 kV. La longitud total de este tramo de línea subterráneo responde a 466,78m. Este tramo subterráneo se realizará con la metodología de perforación horizontal dirigida (PHD), que consiste en realizar una perforación bajo el suelo sin generar perturbaciones civiles a las obras existentes y no presentar interferencia con el drenaje presente en esta zona. Para la ejecución de la perforación horizontal dirigida (PHD), se deberá emplear el equipo, las brocas, barrenas, rútlulas y cabezas de tracción y personal competente.
		Plazas de tendido		Solicitar inclusión de tres (3) áreas de tendido	Las tres (3) plazas de tendido estarán localizadas al interior del área de servidumbre de la línea de evacuación, en donde se ubicarán los carretes de conductor, la porta bobinas, el equipo de tensión controlada o freno y la mesa de empalmes.
		OPERACIÓN	Parque Solar - Subestación Elevadora	Generación y evacuación de energía eléctrica	Artículo Segundo.- Numeral 2 Actividades (7)
Mantenimientos	Artículo Segundo.- Numeral 2 Actividades (8)			Se mantiene lo aprobado	<ul style="list-style-type: none"> - Se limpiarán los canales de evacuación de agua con el objetivo de reducir el impacto de las lluvias o las escorrentías. - Por su parte, la limpieza a los módulos fotovoltaicos de 2 a 3 veces al año, según se validen las condiciones en campo con el fin de optimizar la producción de la planta. Ésta se encuentra expuesta a la adhesión de arena, polvo y suciedad general obstaculizándole la captación de radiación solar. El proceso de limpieza se llevará a cabo por medio de un robot que posee un cepillo que va frotando los módulos haciendo una limpieza en seco. En el caso extraordinario que requieran agua se designará un tercero que se encargue de proveer agua destilada, la utilización de agua no incluirá la aplicación de ningún aditivo. - Durante toda la vida útil del proyecto, se realizará una tarea exhaustiva de control de vegetación en la planta y evitando el crecimiento por encima de la línea de módulos, evitando en todo momento que esta vegetación pueda producir sombras en los módulos fotovoltaicos y afectar al correcto funcionamiento, disminuir el riesgo de incendio y facilitar el acceso a la planta. Para eso se realizarán mantenimientos podas y desbroches manuales y/o mecánicos, según se requiera.
Línea de evacuación	Operación de la línea		Artículo Segundo.- Numeral 2 Actividades (9)	Se mantiene lo aprobado	La operación de la línea consiste en la puesta en servicio de la línea de evacuación al nivel de tensión previsto en el diseño, es decir, 500 kV.
	Mantenimiento de la línea de evacuación		Artículo Segundo.- Numeral 2 Actividades (10)	Se mantiene lo aprobado	Corresponde a cambios de refuerzo de estructuras, pintura de patas, señalización de estructuras, cambio de aisladores rotos, cambios de empalmes, blindajes o camisas de reparación de los conductores, cambio de uno o varios conductores, cambio de accesorios de cable de guarda y de puestas a tierra, y mediciones de resistencia de las puestas a tierra, entre otros. Durante la operación de la línea de evacuación también deberán realizarse programas de mantenimiento en las áreas de servidumbre.
DESAMTELAMIENTO Y ABANDONO DEL ÁREA		Desmante y Desmantelamiento	Artículo Segundo.- Numeral 2 Actividades (11)	Se mantiene lo aprobado	Durante esta última etapa, todos los elementos modulares empleados serán desarmados y debidamente empacados para su traslado a áreas de almacenamiento o para su uso posterior; además se demolerán las obras en concreto y se removerán todas las obras que hayan sido instaladas, enviando los residuos a sitios de disposición autorizados y reutilizando los elementos que así lo permitan. Se retirará de la obra toda la instalación eléctrica tanto aérea como subterránea, prestando especial atención a los complementos de los cables como arquetas, torres de apoyo de la línea de evacuación.
		Restauración	Artículo Segundo.- Numeral 2 Actividades (11)	Se mantiene lo aprobado	La restauración busca dejar el terreno en un estado similar al que tenía previo a la intervención. Para la restauración y limpieza de las áreas intervenidas, la compañía debe programar cuadrillas que hagan recorridos a lo largo del Complejo Solar el cual además se encargan de reacondicionar y limpiar las áreas intervenidas realizando actividades como: <ul style="list-style-type: none"> - Retiro de los escombros. - Gestión de los residuos sólidos generados. - Recuperación de áreas intervenidas (limpieza y adecuación de suelos).

Actividades objeto de solicitud de Modificación de Licencia
(*) Incluye la solicitud del aprovechamiento forestal para viabilizar las obras

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

2.3 METODOLOGÍA

De acuerdo con lo establecido en el *Artículo 2.2.2.3.7.1 Modificación de la licencia ambiental del Decreto único Reglamentario 1076 de 2015*, la Licencia Ambiental debe ser modificada cuando el titular de ésta, pretenda modificar el proyecto, obra o actividad de forma que se generen impactos ambientales adicionales a los ya identificados en la licencia y el Estudio de Impacto Ambiental, que hace parte integral de la misma, como es el caso de las actividades y obras que ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S.E.S.P , pretende desarrollar en el área del proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV”.

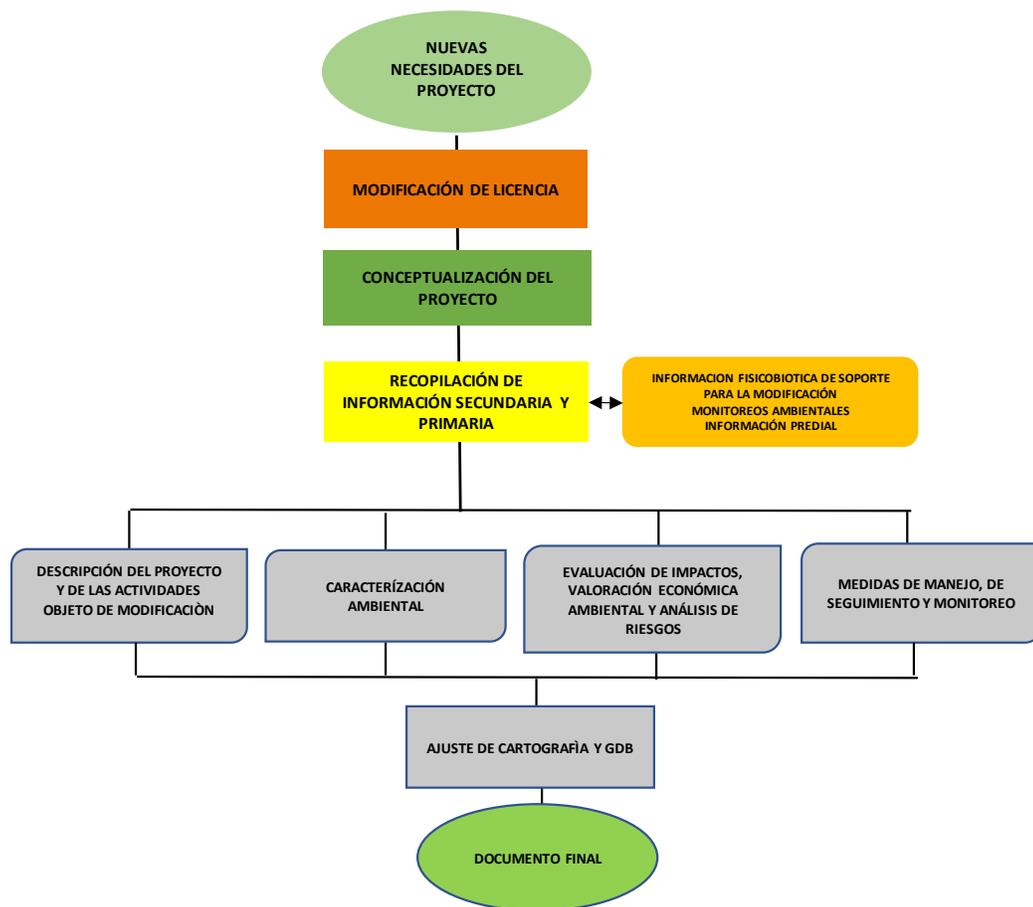
De otra parte, en el *Artículo 2.2.2.3.7.2. Requisitos para la modificación de la Licencia Ambiental del mismo Decreto*, el titular presentará la Descripción del Proyecto, Obra o Actividad – POA, objeto de modificación; así como el complemento del Estudio de Impacto Ambiental que contenga la descripción y evaluación de los nuevos impactos ambientales si los hubiera y la propuesta de ajuste al Plan de Manejo Ambiental que corresponda. ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S.E.S.P en cumplimiento de estos requisitos presenta el complemento del Estudio de Impacto Ambiental orientado a describir detalladamente las actividades, obras y modificaciones en las condiciones de los permisos ambientales, (ocupaciones de cauce y aprovechamiento forestal) objeto de la Modificación, así como la actualización de los componentes que puedan llegar a ser potencialmente impactados por las actividades mencionadas y que aporten información al equipo evaluador para la toma de decisión de la viabilidad de la misma.

De manera general, este documento se elaboró con base en los lineamientos contenidos en los Términos de Referencia TdR.015 para Estudio de Impacto Ambiental en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica, los TdR- 17 Estudio de Impacto Ambiental proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica (emitidos por ANLA en 2017 y 2018 respectivamente), y adicionalmente, se adoptó la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MADS - ANLA, 2018).

En la **Figura 2-4** se presenta el esquema metodológico para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental No 1 Proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV”.

Es importante aclarar que las actividades objeto de la presente modificación se adelantarán en el área de intervención aprobada mediante la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, por lo que, en concordancia con lo mencionado en este documento, en presente numeral se describen las metodologías utilizadas para el desarrollo y análisis de los componentes que describen el entorno en el cual se ejecutarán estas actividades.

FIGURA 2-4 ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO AMBIENTAL PARA SOPORTAR LA MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

El trabajo de campo desarrollado por UT PLARE GEOESTUDIOS se ejecutó en los períodos descritos en la **Tabla 2-4**.

TABLA 2-4 FECHAS DE EJECUCIÓN TRABAJO DE CAMPO

PROFESIONAL(ES)	FECHA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE CAMPO	ACTIVIDAD DESARROLLADA
Civil - Infraestructura	03 a 09 de mayo 2023	Recolección de información relacionada con estado de vías de acceso, internas, validación de los puntos de OC, levantamiento de infraestructura
Agro ecólogo	03 a 09 de mayo 2023	Reconocimiento y validación unidades de suelos, elaboración de calcatas para determinación de perfiles y toma de muestra para laboratorio.
Hidrólogo	03 a 09 de mayo 2023	Recolección de información de cuerpos de agua (lóticos y lénticos) y de información en los sitios objeto de solicitud de ocupación de cauce. Información de usos y usuarios

PROFESIONAL(ES)	FECHA DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE CAMPO	ACTIVIDAD DESARROLLADA
Ambiental	03 a 09 de mayo 2023	Identificación de puntos de monitoreos
Forestal	24 de abril a 5 de mayo 2023	Recolección de información de flora, inventarios y censos forestales y de vegetación
	Del 01 de al 10 de abril de 2024	
Fauna	24 de abril a 5 de mayo 2023	Muestreos de los 4 grupos de fauna: anfibios, reptiles, aves y mamíferos
	01 al de abril de 2024	
Social	04 a 10 de mayo 2023	Desarrollo de encuestas prediales
Momento 1	9 al 10 de mayo de 2023	Proceso informativo inicial
Momento 2	4 - .6 de julio 2023	Desarrollo de taller de impactos y medidas de manejo con los actores sociales (autoridades locales de Sabanalarga, Usiacurí y JAC de Isabel López
	27 de julio 2023	Desarrollo de taller de impactos y medidas de manejo con los propietarios de los predios del área de intervención
Momento 3	21 – 22 de septiembre 2023	Entrega de resultados finales del Estudio de Impacto Ambiental a autoridades locales de Sabanalarga, Usiacurí y JAC de Isabel López
	De 11 al 21 de marzo de 2024	Socializaciones desarrolladas para dar respuesta al Requerimiento 7 de Información adicional establecido en el Acta de Reunión 05 del 15 de febrero de 2024.
Lab. Calidad de aguas superficial e hidrobiológicos	22 al 27 de abril de 2023	Monitoreos fisicoquímicos de calidad de aguas superficiales e hidrobiológicos -Campaña 1
Lab. Calidad de aguas superficial e hidrobiológicos	12 al 14 de julio de 2023	Monitoreos fisicoquímicos de calidad de aguas superficiales e hidrobiológicos -Campaña 2
Lab. Calidad de aire y ruido	29 de junio al 16 de julio de 2023	Monitoreos de calidad de aire y ruido

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

La cartografía y GDB del presente estudio, se desarrolló con los estándares para la estructuración de la información geográfica y en cumplimiento de los parámetros establecidos por el IGAC entidad oficial de cartografía en el país y dando cumplimiento con la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016, emitida por la ANLA por medio de la cual se adopta el Modelo de Almacenamiento Geográfico que estructura la información temática por componentes, asociando los datos geométricos espaciales con los atributos de estos.

2.3.1 Descripción del proyecto

2.3.1.1 Campo

El objetivo de esta metodología fue actualizar la infraestructura existente y la que se superpone con el área del proyecto. Se levantó la información necesaria para complementar la descripción de las áreas donde se llevarán a cabo las actividades objeto de modificación.

2.3.1.2 Oficina

Por otra parte, se realizó la descripción de las actividades objeto de modificación en el marco de las actividades aprobadas por la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021

teniendo como guía la información requerida por la ANLA en los Términos de Referencia TdR.015 para Estudio de Impacto Ambiental en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica y los TdR- 17 Estudio de Impacto Ambiental proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica (emitidos por ANLA EN 2017 y 2018 respectivamente).

2.3.2 Definición de áreas de influencia

Para la definición y delimitación del área de influencia se tomó como punto de partida el área aprobada mediante Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, que contiene el área de intervención, área de desarrollo de las actividades en sus diferentes fases, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales que el proyecto en su parte inicial contemplaba.

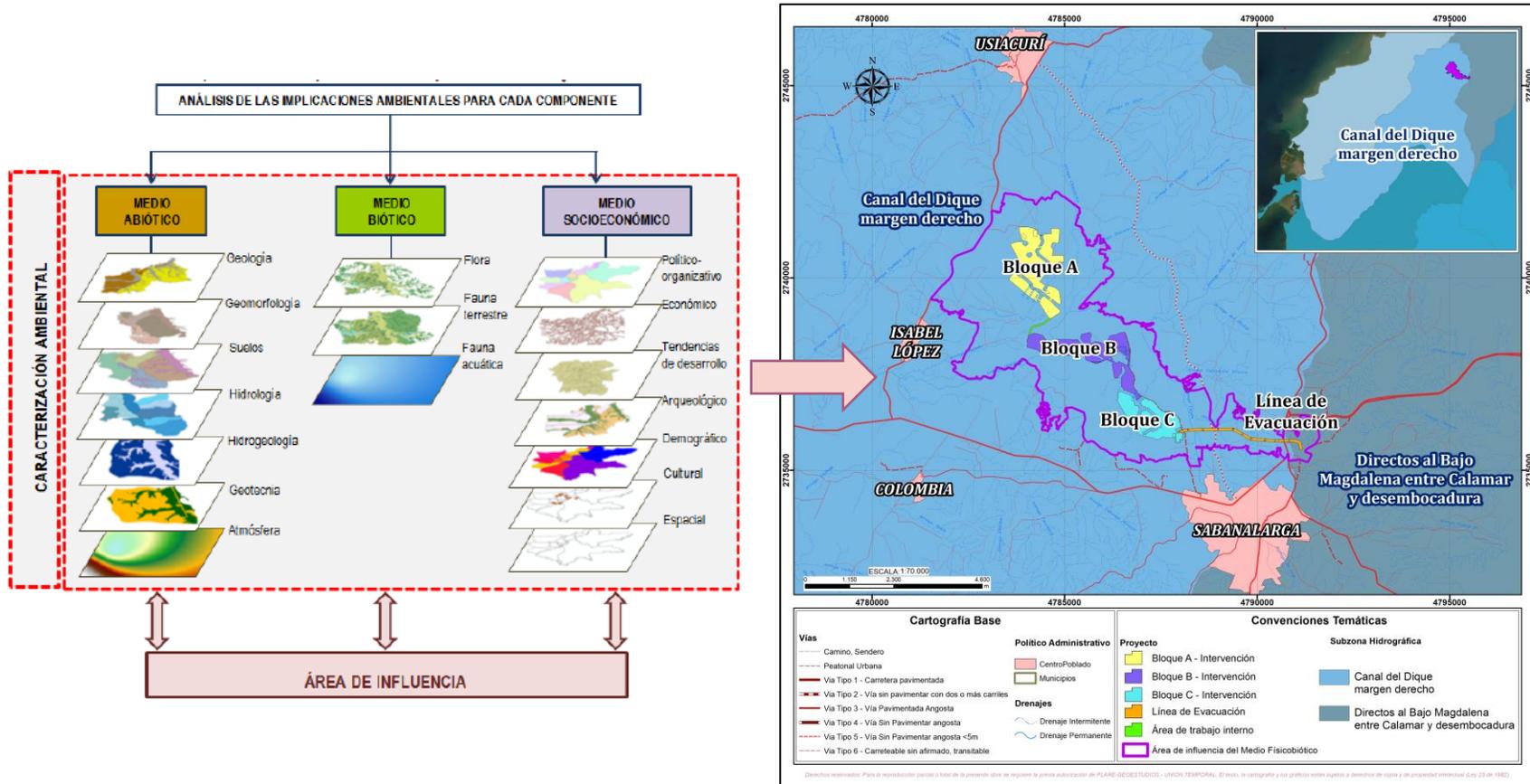
Teniendo en cuenta las nuevas actividades que son objeto de la presente modificación se desarrolló una validación de todos los criterios y aspectos a considerar para identificar la necesidad o no de ajustar el Área de Influencia.

Para tal fin, el ejercicio de definición del área de influencia del proyecto se basó en los lineamientos planteados por la Guía Metodológica para Definición, identificación y Delimitación del área de Influencia (ANLA, 2018), la cual establece claramente los siguientes pasos (ver **Figura 2-5**).

- 1) Planteamiento de las unidades mínimas de análisis.
- 2) Definición de un Área de Influencia Preliminar (AIP) en función de los impactos ambientales significativos derivados del desarrollo del proyecto, obra o actividad en cualquiera de sus fases por: Componentes, grupo de componentes y/o medios.
- 3) Validación de la caracterización identificación y evaluación de los impactos ambientales para el AIP (si se mantiene o la variable extensión origina ampliación de la misma).
- 4) Ajuste del AIP según información derivada de la caracterización o línea base del proyecto para los medios abiótico, biótico y socioeconómico y para cada uno de los componentes que los conforman para la definición y delimitación del Área de influencia Definitiva (AID) del proyecto.

De igual manera, para la definición de las áreas de influencia, también se tuvieron en cuenta los criterios definidos por los Términos de Referencia (TdR) para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para "Proyectos de uso de energía solar fotovoltaica (TdR-15) y los TdR- 17 Estudio de Impacto Ambiental "Proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica" emitidos por la ANLA (2017 y 2018 respectivamente).

FIGURA 2-5 ILUSTRACIÓN PARA IDENTIFICACIÓN, DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DE ÁREA DE INFLUENCIA



Fuente: ANLA, 2018, adaptado por UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

**ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL
PROYECTO “ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE
EVACUACIÓN DE 500 KV”**

TABLA 2-5 COMPONENTES A CONSIDERAR PARA EL AJUSTE DEL ÁREA DE INFLUENCIA.

MEDIO	COMPONENTE O GRUPO DE COMPONENTES
Medio Abiótico	<ul style="list-style-type: none"> - Desde el punto de vista geológico y geomorfológico, no se definió AI, debido a que las actividades del proyecto “Atlántico Photovoltaic junto a su Línea de Evacuación de 500kV” no implican ninguna afectación sobre este componente. Las características geológicas del terreno no serán modificadas, alteradas o transformadas por la instalación de las estructuras de los paneles o por el tendido de redes de baja y media tensión y para las actividades de la presente modificación se mantienen las mismas condiciones. - Desde el componente de suelos, se identifica la necesidad de remover la capa orgánica de suelo en las áreas objeto de intervención para la implantación de las nuevas actividades del Proyecto, sin embargo, es importante aclarar que los impactos evaluados nos trascienden del área de intervención por lo que no genera un área de influencia más allá de ésta. - En cuanto al cambio de uso del suelo, es importante mencionar que los predios donde se desarrollará el proyecto corresponden a predios privados con los cuales se establecen acuerdos comerciales con los propietarios, por medio de contratos de arriendo que permiten tener derechos de ocupación por parte del proyecto y aplican las mismas condiciones para las actividades de la presente modificación, por lo anterior el cambio solo se manifestará en los predios directos del área de intervención y por lo tanto no define AI. - Para el componente geotecnia, no se definió AI, ya que los estudios básicos de ingeniería evidencian que el área de localización del proyecto y sus zonas colindantes son de baja pendiente (<15%), además las actividades del emplazamiento no involucran movimientos de tierra que puedan dar origen a procesos erosivos. - Para el componente hidrológico, la actividad relevante es la construcción de obras de OC que son puntuales y no afectan de manera considerable las condiciones hidrológicas e hidráulicas de los cuerpos de agua objeto de OC. De otra parte, no se pretende hacer uso del recurso como captación que pueda afectar el caudal y por ende a los usuarios aguas abajo de las obras, por lo que se puede concluir que para este componente no define AI. - Para el componente hidrogeológico, no se define AI, partiendo de las consideraciones Hidrogeológicas de la zona de estudio, sustentado amplia y suficientemente mediante estudio geotécnico Geotecnia e Ingeniería del terreno (Geointec), 2019) que concluyó que los módulos fotovoltaicos estarán soportados e hincados al piso por medio de 7 soportes a una profundidad entre 1,5 m y 2 m, por lo que no se identifica una afectación directa sobre los flujos subsuperficiales y las actividades objetos de modificación no están relacionadas con este componente. - Desde el punto de vista de calidad de agua, no se definió AI, considerando que las actividades constructivas de las obras de ocupación de cauce serán ejecutadas durante un periodo inferior a 6 meses y no estiman cambios en las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua. - En cuanto al componente atmosférico, no se define AI, debido a que los resultados del modelo de calidad de aire indican que los aportes de contaminantes se encuentran por debajo de la norma así mismo en la etapa de operación no genera ningún tipo de emisiones a la atmósfera. - En cuanto al subcomponente ruido no se define AI, debido a que no se observaron impactos perceptibles en los niveles de presión sonora, derivados de la construcción y operación del proyecto y por tanto no se consideran afectaciones en áreas más allá del polígono de intervención del proyecto, por tanto, no se consideró este componente como un criterio para la definición del área de influencia para el medio abiótico, condición que se mantiene para el desarrollo de las actividades de la presente modificación.

ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL PROYECTO “ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV”

MEDIO	COMPONENTE O GRUPO DE COMPONENTES
Medio Abiótico	<ul style="list-style-type: none"> - Para el componente paisaje, se partió del AI aprobada en la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021 y se mantuvo el criterio de definición de AI por la probabilidad de visualizar desde ciertas áreas no solo las intervenciones para la construcción del proyecto “Atlántico Photovoltaic junto a su Línea de Evacuación de 500kV”, sino también su implantación como tal. Para la definición del área de influencia del componente paisajístico en el presente EIA, se consideraron las áreas y puntos cercanos al proyecto, desde donde es posible obtener visuales del mismo y que además concentra personas o flujos de las mismas (viviendas, asentamientos, vías, entre otros). No trasciende a una distancia mayor a 1 km, dada la geomorfología del terreno, así como la composición social del área (predios extensos); para la definición de AI en la presente modificación se desarrolló un modelo para determinar la extensión del impacto de visual paisajístico. - El Proyecto no requiere permiso para el uso de recursos de agua superficial y/o, subterránea ni hará afectación por vertimientos en agua ni suelo, condición que se mantiene para las actividades objeto de la presente Modificación, como se describe en el Capítulo 7 Uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales y Capítulo 10.1 Planes y Programas
Medio Biótico	<ul style="list-style-type: none"> - Para el componente flora se partió del AI aprobada en la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, sin embargo, con base en el trabajo de campo y la interpretación de coberturas vegetales con Imágenes Head EarthScanner 0,5 metros, Res. esp. 50cm (Rs) res. espctr. RGB+NIR de 2022, se procedió ajustar o afinar el AI teniendo en cuenta la ubicación de los diferentes elementos (actividades, obras y uso de recursos) así como la mínima unidad de análisis que para el componente flora son las coberturas y obviamente la extensión de los potenciales impactos ambientales. - Componente fauna, se ajustó a partir de las coberturas vegetales y la actualización de especies relacionadas con las mismas, sin embargo, es importante resaltar, que las nuevas coberturas corresponden más a regeneraciones que a coberturas de gran porte o valor ecosistémico como Bosques - Componente ecosistemas acuáticos, no se define AI, por cuanto el proyecto no prevé afectación a los cuerpos de agua en tema de vertimientos y/o captación.
Medio Socioeconómico	<p>Para el componente socioeconómico, se partió del AI aprobada en la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, y que dado el contexto del territorio donde no hay claridad en límites político administrativos en el área de influencia, esta se determina según los predios donde se manifiestan los impactos, los cuales para el municipio de Sabanalarga son: La Perla B, San Benito, Laureles, Platanal, Parcela Platanal 1, Parcela Platanal 2, Parcela Platanal 3, El Porvenir, Arroyo Nuevo, Bajo del Cura, La Sabrosura, Mirador del Porvenir, El Oasis, Galicia y San Juan que se ubican en el corregimiento de Isabel López, y los predios: El Chorro, El Padrino, San Nicolás, Media Luna, Toledo y Delirio del municipio de Usiacurí.</p> <p>En la validación del AI para las actividades de la presente modificación se observa que las actividades se desarrollan al interior de los predios definidos y por tanto no hay variación en la misma.</p>

2.3.3 Caracterización Ambiental

2.3.3.1 Metodología para el Medio Abiótico

2.3.3.1.1 *Geología*

La metodología a seguir para el desarrollo del componente geológico en el marco del Estudio de Impacto Ambiental - Modificación de licencia N.º 1 del proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su Línea de Evacuación de 500 Kv”² se realiza teniendo como base la información contenida en el documento “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, 2021”, además se realizó la consulta y análisis de la información existente en entidades gubernamentales, tales como: Servicio Geológico Colombiano – SGC (antes INGEOMINAS), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), entre otras.

A continuación, se presenta el listado de la información revisada y analizada.

- Mapa geológico generalizado del departamento de Atlántico. Escala 1:250.000. INGEOMINAS, 2001.
- Geología de la Plancha 24 – Sabanalarga Escala 1:100.000. INGEOMINAS, 2001.
- Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Atlántico. Escala 1:100.000, IGAC - Bogotá, 2007.
- POMCA Complejo de Humedales del Canal del Dique. Asocio CARDIQUE, CRA, Cormagdalena, CAR Sucre, entre otros.; 2007.
- Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019.
- Informe Geotécnico. Geotecnia instalaciones proyecto solar fotovoltaico Atlántico, INGETEC. S.A, 2020.

A partir del análisis de la información primaria y secundaria antes descrita y con el soporte de los estudios geotécnicos antes mencionados, con el fin de obtener los perfiles litológicos de las unidades presentes en el área de intervención del proyecto, además de ajustar y validar las unidades geológicas dentro del área de influencia fisicobiótica del proyecto. (**ver Anexo_3. Soporte Técnico/3.4 Estudios Básicos**)

2.3.3.1.2 *Geomorfología*

La metodología a seguir para el desarrollo del componente geomorfológico en el marco del Estudio de Impacto Ambiental - Modificación de licencia No 1 del Proyecto Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 Kv”³ se realiza teniendo como base la información contenida en el documento “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, 2021”, además se realizó la consulta y análisis de la información existente en entidades gubernamentales, tales como: Servicio Geológico

² EIA, radicado mediante oficio 2020161852-1-000 del 22 de septiembre de 2020, e información complementaria radicada con oficio 2021049817-1-000 del 19 de marzo de 2021.

³ Ibidem

Colombiano – SGC (antes INGEOMINAS), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), entre otras. A continuación, se presenta el listado de la información revisada y analizada.

- Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Atlántico. Escala 1:100.000, IGAC - Bogotá, 2008.
- Sistema de clasificación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos. IGAC – Bogotá, 2017.
- Mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa. Plancha 24 – Sabanalarga. Escala 1:100.000. Servicio Geológico Colombiano, 2016.
- POMCA Complejo de Humedales del Canal del Dique. Asocio CARDIQUE, CRA, Cormagdalena, CAR Sucre, entre otros.; 2007.
- DEM Alos Palsar de 12.5 m de resolución espacial.

A partir del análisis de la información secundaria antes descrita y con el soporte de recorridos y descripciones realizadas del 5 al 9 de mayo de 2023 tanto para el componente de suelos, como el componente geomorfológico, a partir de los cuales se realizó la caracterización de los rasgos morfogenéticos, morfográficos, morfoestructurales y morfodinámicos de las geoformas presentes tanto en el área de influencia fisicobiótica como en el área de intervención del proyecto.

La leyenda y descripción final de las unidades geomorfológicas se realizó a partir de la metodología descrita en el documento “Sistema de clasificación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos, elaborada por el IGAC (2017)”; Este sistema de clasificación geomorfológica permite segmentar en forma secuencial una porción de la superficie terrestre en seis niveles jerarquizados que van de lo general a lo detallado, relacionando paisaje geomorfológico, ambiente morfogenético, tipo de relieve, material parental y forma del terreno.

2.3.3.1.3 Hidrogeología

La metodología a seguir para el desarrollo del componente hidrogeológico en el marco del Estudio de Impacto Ambiental - Modificación de licencia N.º 1 del Proyecto Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su Línea de Evacuación de 500 Kv” se realiza teniendo como base la información contenida en el documento “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, 2021”⁴ además se realizó la consulta y análisis de las bases de datos y geoportales de entidades gubernamentales, tales como: Servicio Geológico Colombiano – SGC (antes INGEOMINAS), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, entre otros.

A continuación, se presenta el listado de la información revisada y analizada.

- Atlas hidrogeológico de Colombia. Escala 1:500.000 – Plancha 5-04 Cartografía y Memoria técnica. Ingeominas, 2003.

⁴ Ibidem

- Hidrogeología del departamento de Atlántico y Bolívar al Norte del Canal del Dique. Ingeominas, 1985.
- Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. IDEAM, 2010.
- Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019.
- Informe Geotécnico. Geotecnia instalaciones proyecto solar fotovoltaico Atlántico, INGETEC. S.A, 2022.

A partir del análisis de la información secundaria antes descrita y con el soporte de los estudios geotécnicos de GEOINTEC S.L., 2019 e INGETEC, 2020; en los cuales se realizaron ensayos de resistividad eléctrica (SEV), calicatas y perforaciones, en los cuales se tomaron datos del nivel freático y de la granulometría de las unidades en el área de intervención del proyecto. Finalmente, luego de hacer el análisis de toda la información tanto secundaria como de exploraciones, se realizó la descripción de las principales características hidrogeológicas para el área de influencia fisicobiótica y el área de intervención del proyecto. (**ver Anexo_3. Soporte Técnico/3.4 Estudios Básicos**).

2.3.3.1.4 Suelos y uso del suelo

En el presente numeral se describen los lineamientos metodológicos utilizados para la verificación de información agrológica de suelos en el área de influencia del proyecto.

Para la caracterización de los suelos se retomó información existente el Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Atlántico, IGAC, 2008 e información inherente al “Estudio de Impacto Ambiental - Modificación de Licencia No 1 del Proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su Línea de evacuación de 500 Kv” en lo referente a la geología, geomorfología, cobertura de la tierra y trabajo de campo; además, teniendo como base la información contenida en el documento “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, 2021”⁵. Dicha información permitió generar los respectivos mapas de: suelos, uso actual del suelo, capacidad de uso del suelo y conflictos de uso del suelo.

➤ Fase Pre- campo

En esta etapa se realizó la recopilación de información secundaria existente en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi e información del área de estudio en otras entidades.

- Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Atlántico. Escala 1:100.000, IGAC - Bogotá, 2008.
- Estudio geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L., 2019.
- Informe Geotécnico. Geotecnia instalaciones proyecto solar fotovoltaico Atlántico, INGETEC. S.A, 2020.

⁵ Ibidem

- POMCA Complejo de Humedales del Canal del Dique. Asocio CARDIQUE, CRA, Cormagdalena, CAR Sucre, entre otros.; 2007.

Para realizar el ajuste de la escala de las unidades cartográficas de suelos, se retomó información existente del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento de Atlántico, IGAC, 2008 y se contrastó con la información de geomorfología, pendientes, geología y zonificación climática. De acuerdo con lo anterior, se identificaron los ambientes edafogenéticos, los cuales permitieron el ajuste de los límites de las unidades de suelos y la generación de la respectiva leyenda del mapa de suelos para el área de influencia fisicobiótica y el área de intervención del proyecto.

➤ Fase Campo

El trabajo de campo se realizó durante una visita del 3 de mayo al 9 de mayo del 2023 en la cual se excavaron diez (10) cajuelas de 0,25 m² a lo largo del área de intervención del parque solar (Ver **Tabla 2-6**) las cuales tuvieron toma de muestras de 1 kg aproximadamente, del primer horizonte de suelo identificado, a excepción de los dos puntos Zodmes, donde se tomó muestras del Horizonte A y el Horizonte B identificados en campo. (Ver, **Fotografía 2-1** y **Fotografía 2-2**).

FOTOGRAFÍA 2-1 MEDICIÓN DEL ÁREA PARA REALIZAR LA EXCAVACIÓN



FOTOGRAFÍA 2-2 EXCAVACIÓN DE LA CAJUELA



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 2-6 PUNTOS DE MUESTREO Y OBSERVACIÓN DE SUELOS

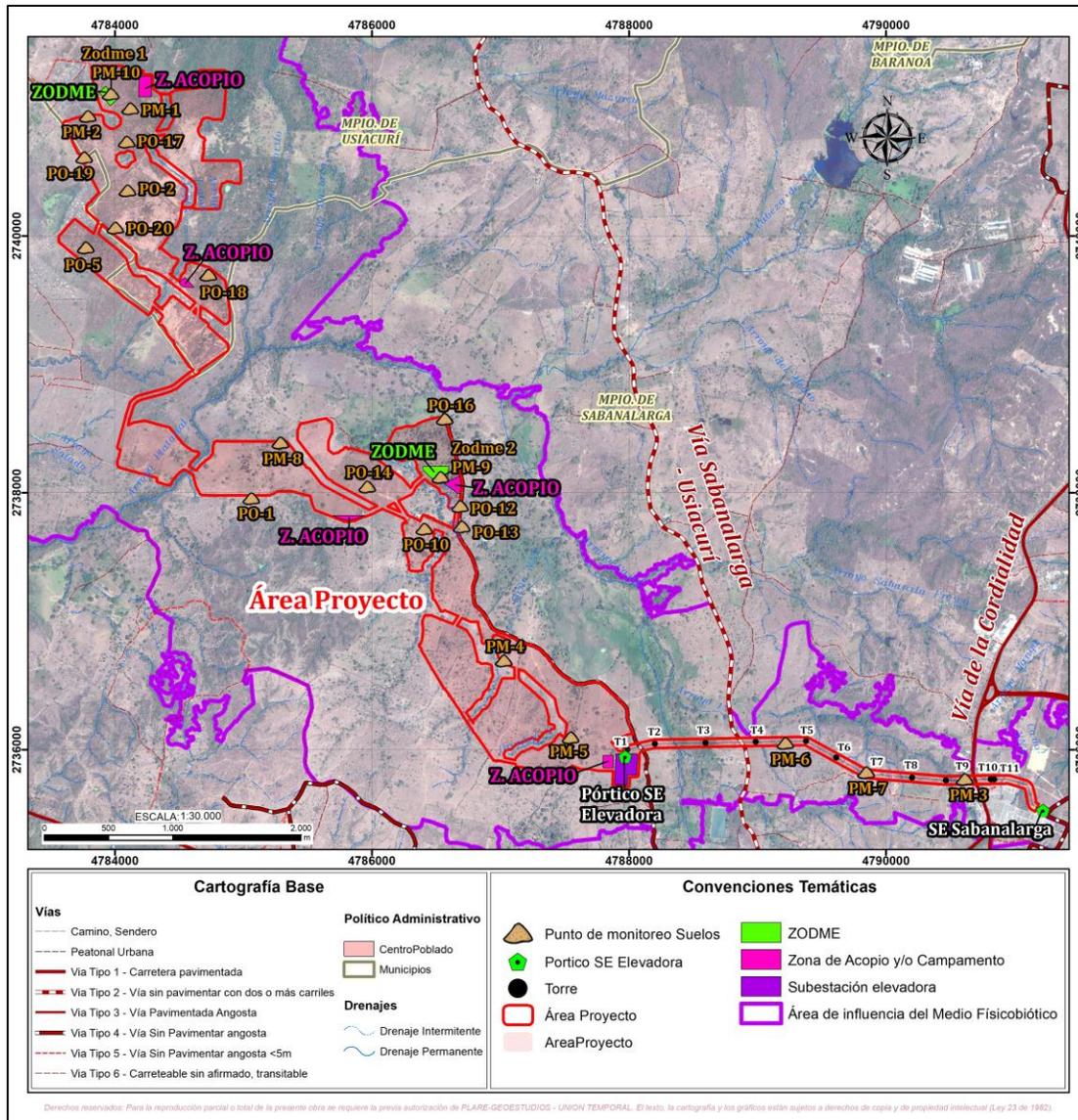
N°	TIPO	PM_SUELO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
			ESTE	NORTE
1	Punto muestreo suelo	PM-1	4785108,76	2737954,32
2	Punto muestreo suelo	PM-2	4784087,48	2740346,35
3	Punto muestreo suelo	PM-3	4784120,14	2740986,07
4	Punto muestreo suelo	PM-4	4783805,89	2740948,83
5	Punto muestreo suelo	PM-5	4783758,53	2739914,88
6	Punto muestreo suelo	PM-6	4790607,47	2735749,17
7	Punto muestreo suelo	PM-7	4787027,66	2736690,34
8	Punto muestreo suelo	PM-8	4787544,79	2736092,13
9	Punto muestreo suelo	PM-9	4789175,00	2736050,43
10	Punto muestreo suelo	PM-10	4786393,26	2737724,89
11	Punto muestreo suelo	PM-11	4789854,55	2735838,16
12	Punto muestreo suelo	PM-12	4786620,03	2737916,78
13	Punto muestreo suelo	PM-13	4786698,94	2737740,51
14	Punto muestreo suelo	PM-14	4785976,65	2738042
15	Punto muestreo suelo	PM-15	4785305,40	2738376,9
16	Punto muestreo suelo	PM-16	4786592,04	2738572,79
17	Punto muestreo suelo	PM-17	4784107,13	2740743,04
18	Punto muestreo suelo	PM-18	4784739,39	2739691,45
19	Punto muestreo suelo	PM-19	4783748,27	2740617,28
20	Punto muestreo suelo	PM-20	4783985,37	2740072,15
21	Recorrido Zodme 1	ReZ-1	4783945,17	2741081,81
22	Recorrido Zodme 2	ReZ-2	4786507,15	2738151,53

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

Para la descripción física en campo se tuvieron cuenta características físicas como, espesor del horizonte, clase textural, color, consistencia, infiltración y presencia de raíces. Para el análisis químico de las muestras de suelo tomadas en campo se tuvieron en cuenta las siguientes propiedades, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de intercambio catiónico efectiva, bases intercambiables, saturación de bases, relaciones catiónicas calculadas, fósforo disponible, acidez intercambiable, carbono orgánico, materia orgánica, nitrógeno total, carbonato de calcio cualitativo, textura, PH, presencia de elementos menores disponibles, salinidad parcial, conductividad eléctrica, sodio soluble, calcio soluble, magnesio soluble, sodio intercambiable, factor de corrección, sodio intercambiable Real, retención de humedad y densidad aparente.

A partir de la geomorfología, la geología y las unidades de suelo identificados en la zona de intervención del proyecto se seleccionaron veinte (20) puntos de observación, adicional a los dos Zodmes, para un total de veintidós (22) puntos de observación. Donde se observó el uso actual del suelo y la forma de la superficie terrestre presente en el área de intervención. (ver **Tabla 2-6** y **Figura 2-6**).

FIGURA 2-6 PUNTOS DE MUESTREO Y OBSERVACIÓN EN CAMPO



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

➤ Fase Post Campo (Procesamiento y análisis de la información recopilada)

Una vez realizado el trabajo de campo, se procedió a elaborar el informe con base en los resultados de laboratorio realizados por Instituto geográfico “Agustín Codazzi” (**ver acreditación en el Anexo_3. Soporte Técnico/3.3 Laboratorio Suelos**) y la correspondencia con la caracterización presentada en el EIA, 2021⁶. Adicionalmente, se

⁶ EIA, radicado mediante oficio 2020161852-1-000 del 22 de septiembre de 2020, e información complementaria radicada con oficio 2021049817-1-000 del 19 de marzo de 2021

consideró la información de algunas calicatas que se realizaron en el estudio de Geotecnia por la firma Geotecnia e Ingeniería del terreno (GEOINTEC), 2019 y el Informe geotécnico elaborado por INGETEC, 2020 “Geotecnia Instalaciones Proyecto Solar Fotovoltaico Atlántico”, en donde se desarrollaron 23 calicatas/apiques y dos (2) perforaciones mecánicas (**ver Anexo_3. Soporte Técnico/3.4 Estudios Básicos**). Para los análisis de laboratorio se recurrió a información secundaria basados en los aspectos físicos del suelo de estudios previos realizados en la región, y donde coinciden factores pedogenéticos iguales a los del área de intervención.

Para el análisis del componente se retomó información primaria tomada en campo como: cobertura asociada, uso del suelo predominante, condiciones de anegabilidad, evidencia de procesos erosivos, complementada con información de geología, geomorfología y topografía a nivel detallado, dando paso a la caracterización de Unidades cartográficas de suelo, uso potencial, uso actual, conflictos de uso.

Para la caracterización del uso potencial del suelo, se tuvo en cuenta las características y cualidades del suelo como uso actual, clima (zonas de vida), geomorfología (pendientes y erosión), materiales parentales y suelos (susceptibilidad a la erosión, pedregosidad, profundidad, drenaje), a partir de la descripción del componente geo-esférico del Capítulo 5.1 Caracterización Abiótica del presente EIA las cuales permitieron determinar la aptitud y la vulnerabilidad del suelo frente a las principales actividades humanas que en él se realizan.

2.3.3.1.5 Hidrología

➤ Fase Pre- campo

Como primera medida se realizó la búsqueda de información secundaria relacionada con el componente hidrológico del área del proyecto, para lo cual se verificó entre otros, la cartografía IGAC, Imágenes de Satélite, de Google Earth, Información meteorológica e hidrológica disponible en el IDEAM, estudios realizados en el área, entre los que se destacan POT y PBOT de los municipios de Sabanalarga y Usiacurí. Seguidamente se realizó una revisión y análisis de la información secundaria disponible, con el fin de identificar los sistemas lénticos, lóticos y el patrón de drenaje de la zona de proyecto.

La clasificación hidrográfica de las cuencas se realizó inicialmente con base en la guía de “Zonificación Hidrográfica y Codificación de Cuencas Hidrológicas en Colombia - Resolución 0337 del 4 de Abril de 1978”.

La información secundaria recopilada se refiere básicamente a:

- Mapas IGAC de la zona del proyecto en escalas 1:100.000 y 1:25.000
- Mapas EIA Proyecto Fotovoltaico 199.5 MW. Diverxia 2021
- Mapas generados por la Unión Temporal PLARE-GEOESTUDIOS para la fase de campo con la ubicación de los puntos de interés
- Información IDEAM de estaciones hidrometeorológicas localizadas en el área del proyecto

Adicionalmente se consultó:

- Estudio de Impacto Ambiental EIA Proyecto Fotovoltaico 199.5 MW para la obtención de la licencia ambiental del proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV”, elaborado por Diverxia en el año 2021, Capítulo 2, Capítulo 4, Capítulo 5, Capítulo 7 y Capítulo 10.
- Resolución 01270 del 19 de julio del año 2021, por la cual se otorga Licencia Ambiental para el proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV”.
- Importancia de la Ciénaga El Guájaro para las comunidades del Atlántico, El Heraldo, 25 de mayo de 2023
- Metodología del Servicio de Conservación de Suelos (SCS). Mockus, 1964.
- Hidrología en cuencas pequeñas con información escasa. Gustavo Silva Medina. 2021
- Metodología Bell para curvas de Intensidad, Duración Frecuencia. Instituto de la Construcción y Gerencia. 2009
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Sabanalarga 2001-2009
- Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Usiacurí 2011 - 2023

➤ **Fase Campo**

La recopilación de información primaria consiste básicamente en la toma de datos de las características hidrológicas de las corrientes localizadas en el área del proyecto, haciendo referenciación con GPS, toma de fotografías y consultas o encuestas a la población localizada en el área del proyecto Atlántico, las cuales se referencian en el **Anexo_3 Soporte Técnico/ 3.5 Hidrología y Clima /Hidrología/ Uso del agua**

Durante la visita al área de estudio, realizada entre el 5 al 9 de mayo de 2023, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Identificación y verificación de los sitios de ocupación de cauce objeto de la modificación de licencia.
- Registro fotográfico de los cuerpos de agua, que serán objeto de ocupación de cauce
- Elaboración de aforos en los cuerpos de agua, el cual consiste en la toma de datos de la sección transversal, tanto de ancho como de profundidad de la corriente, así como efectuar mediciones de velocidad del flujo, en caso de presentarse lámina de agua y también se realiza medición del ancho inundable.

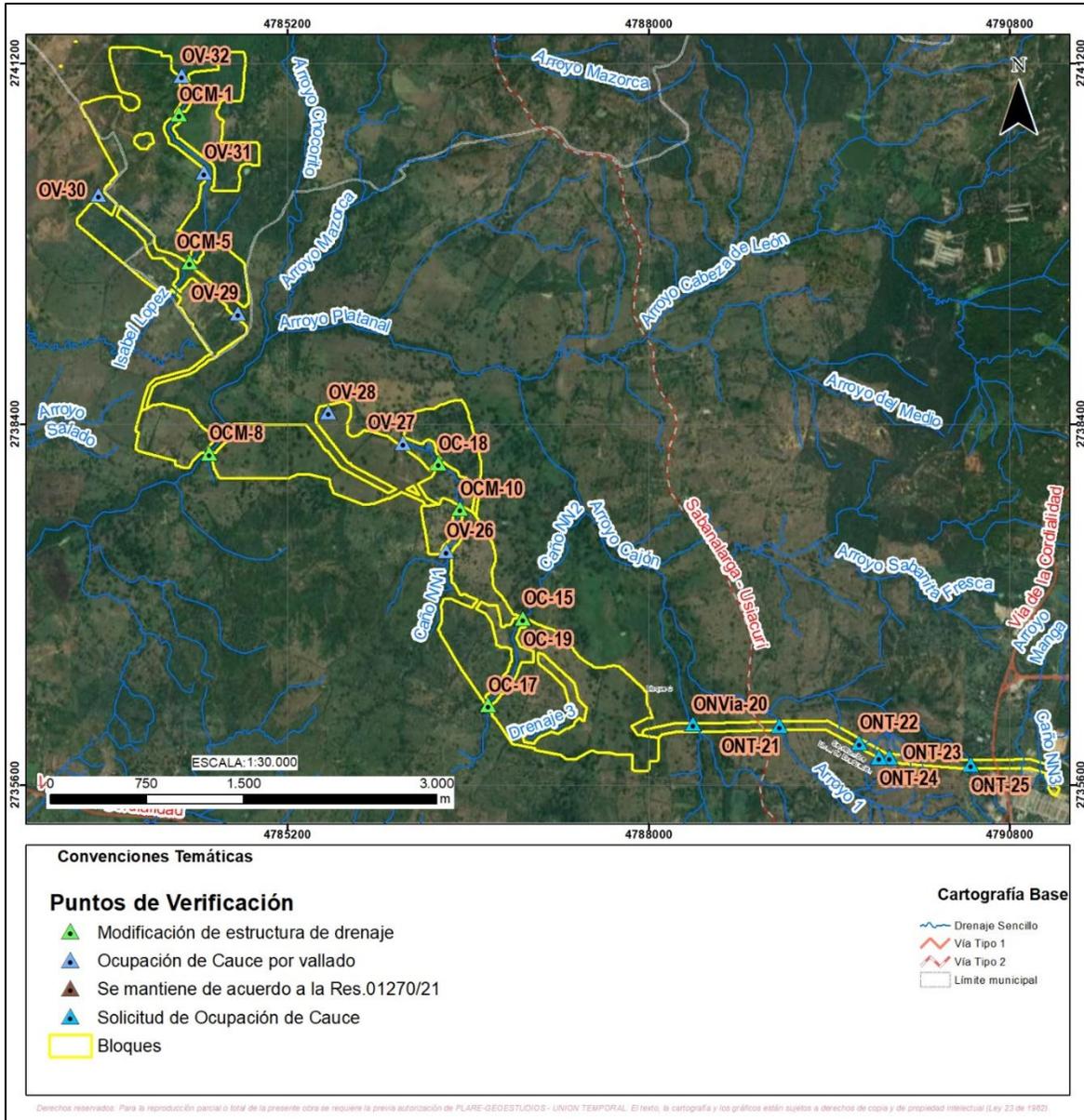
Consultas o encuestas a la población localizada en el área del proyecto. Validación de usos y usuarios. (ver **Anexo_3 Soporte Técnico/ 3.5 Hidrología y Clima /Hidrología/ Uso del agua**).

TABLA 2-7 COORDENADAS DE PUNTOS DE VERIFICACIÓN

ID_OCU_CAU	TIPO DE MODIFICACIÓN	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
OCM-1	Modificación de estructura de drenaje	4784355,87	2740803,41
OCM-5	Modificación de estructura de drenaje	4784440,32	2739658,67
OCM-8	Modificación de estructura de drenaje	4784593,46	2738174,64
OCM-10	Modificación de estructura de drenaje	4786540,54	2737745,55
OC-15	Se mantiene de acuerdo a la Res.01270/21	4787029,51	2736895,86
OC-17	Modificación de estructura de drenaje	4786757,06	2736221,57
OC-18	Modificación de estructura de drenaje	4786372,87	2738097,81
OC-19	Modificación de estructura de drenaje	4787028,05	2736890,99
ON-20	Solicitud de Ocupación de Cauce	4788349,59	2736074,45
ONT-21	Solicitud de Ocupación de Cauce	4789016,60	2736060,93
ONT-22	Solicitud de Ocupación de Cauce	4789638,00	2735928,00
ONT-23	Solicitud de Ocupación de Cauce	4789869,99	2735812,46
ONT-24	Solicitud de Ocupación de Cauce	4789791,95	2735814,92
ONT-25	Solicitud de Ocupación de Cauce	4790504,38	2735759,70
OV-26	Ocupación de Cauce por vallado	4786431,00	2737417,00
OV-27	Ocupación de Cauce por vallado	4786098,00	2738256,00
OV-28	Ocupación de Cauce por vallado	4785515,00	2738494,00
OV-29	Ocupación de Cauce por vallado	4784813,00	2739262,00
OV-30	Ocupación de Cauce por vallado	4783735,00	2740178,00
OV-31	Ocupación de Cauce por vallado	4784549,00	2740355,00
ONV-32	Ocupación de Cauce por vallado	4784378,00	2741106,00

Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023.

FIGURA 2-7 PUNTOS DE VERIFICACIÓN EN CAMPO



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

Inventario de usos y usuarios del agua 500 m aguas abajo de los puntos de ocupación de cauce, aplicando formato de usos del agua. (ver Figura 2-8) (ver Anexo_3 Soporte Técnico/ 3.5 Hidrología y Clima /Hidrología/ Uso del agua).

FIGURA 2-8 FORMATO PARA LEVANTAMIENTO DE USOS Y USUARIOS

USO DEL AGUA

Nombre de la corriente:----- Fecha:-----

Coordenadas (Origen Nacional): Este ----- Norte-----

Municipio:----- Vereda: ----- Predio:-----

Area del Predio:----- Propietario:-----

Uso Doméstico: No. de usuarios----- Familias-----

Tienen acueducto: (SI) --(No)--- Fuente:-----GPS:-----

Utilizan Aljibe: (SI)---(No)---Pozo: Profundidad:---m Material:-----

Nacedero: GP \$:----- Sistema de captación:-----

Captación de Corrientes de agua: SI ----- Cual -----(No) -----

Vertimiento: Alcantarillado----- Pozo séptico----- Directo-----

Lavado de ropa en corrientes de agua: SI---- No-----

Uso Agrícola: Riego de cultivos: SI-- No--- Cuales-----

Vertimiento: A la corriente ---Utilizan Químicos: No---SI---Cuales-----

Uso Pecuario: Ganado vacuno-----Porcino---Lanar---Caballar-----

Uso Industrial:Tipo de Industria----- Vol. Agua Utilizada-----

Sistema de vertimiento: Alcantarillado----- Tratamiento----- Directo-----

Uso Psicológico: Estanques----- Otro----- GP \$-----

Tipo de peces en cultivo:-----

Uso Recreativo: -----

Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

➤ **Fase Post Campo (Procesamiento y análisis de la información recopilada)**

Con la información recopilada se desarrolló el componente hidrológico de la siguiente forma:

- Distribución hidrográfica de cuencas, de acuerdo con la clasificación establecida por la Guía técnico-científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas de Colombia y establecida por el IDEAM según decreto 1640 de agosto 2 de 2012, título I Art.4, compilado en el decreto 1076 de 2015 art. 2.2.3.1.1.4.

- Establecimiento de características morfométricas para cada una de las corrientes, objeto de ocupación de cauce, las cuales se refieren principalmente al área de drenaje en Km² (A) la longitud del cauce en m (L), perímetro de la cuenca en Km (P), pendiente media del cauce en % (S), coeficiente de compacidad (Kc), coeficiente de sinuosidad Ks, y tiempo de concentración en minutos (Tc).
- El cálculo de caudales medios para las corrientes del proyecto se realiza aplicando la metodología del Servicio de Conservación de Suelos (SCS)⁷ de los Estados Unidos.

El método se desarrolla con base en la ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0.20S)^2}{P - 0.80S}$$

Donde,

Q= Escorrentía

P= Precipitación total

S= Infiltración potencial

Donde S corresponde al análisis de hidrógrafas de cuencas homogéneas en función del uso del suelo, condiciones de la superficie del terreno y la humedad inicial. El valor de S para una determinada condición se puede obtener mediante el análisis de hidrogramas de cuencas homogéneas. Este valor se da en función del suelo y el número de curva de escorrentía (CN), mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4$$

El valor de CN se determina en función del uso de la tierra, las prácticas agrícolas, la condición y la clasificación hidrológica de los suelos.

- El cálculo de caudales máximos para las corrientes del proyecto se llevó a cabo utilizando el método de la Fórmula Racional que se basa en la relación lluvia - caudal o lluvia - escurrimiento para determinar crecientes. La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$Q_{\max \%} = C * I_{\max \%} * A$$

Donde:

C – Es el coeficiente de escorrentía que depende de las características fisiográficas de la cuenca y la cobertura del suelo (sin unidades)

⁷ Mockus, V. Servicio de Conservación de los Suelos de USA. 1964.

I – Es la Intensidad máxima de la lluvia en mm/h, para un período de retorno determinado (%)

A – Es el área de la cuenca (Km²)

Adicionalmente la Intensidad máxima de la lluvia se calculó mediante la elaboración de curvas de Intensidad Duración Frecuencia IDF propuesta por el método de Bell, el cual se basa en la siguiente ecuación:

$$P_{T,t} = (0.21LnT + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{10.60}$$

Donde:

t - Es la duración en minutos

T – Es el período de retorno en años

P – Precipitación caída en t minutos con período de retorno de T años

- Elaboración del inventario de usos y usuarios del agua de las corrientes de interés
- Elaboración del capítulo de uso y aprovechamiento de los recursos, específicamente en lo referente a ocupaciones de cauce

2.3.3.1.6 *Calidad del agua e Hidrobiológicos*

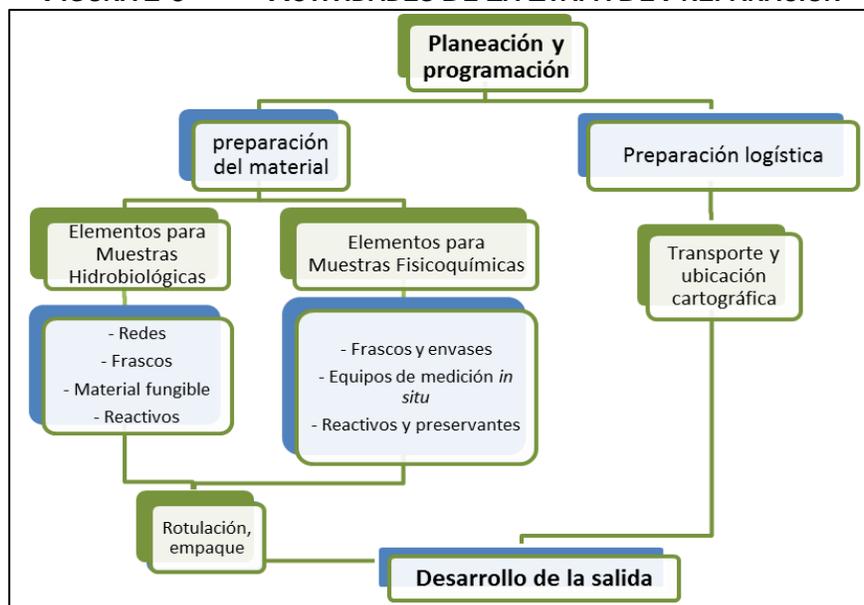
➤ **Fase Pre- campo**

Dentro de la información secundaria se consultaron las siguientes fuentes:

- “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, 2021”
- Protocolo de monitoreo de agua, Publicación aprobada por el IDEAM de 2018, Bogotá D.C., Colombia.

Esta etapa es fundamental para el adecuado funcionamiento de los demás procesos, pues es aquí donde se lleva a cabo toda la planeación y programación para que la fase de campo se desarrolle según los objetivos propuestos. En la **Figura 2-9** se muestran los pasos que se siguieron durante esta etapa, que tiene como fin, determinar los puntos de monitoreo y parámetros a medir en cada uno de ellos.

FIGURA 2-9 ACTIVIDADES DE LA ETAPA DE PREPARACIÓN



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Para determinar el plan de monitoreo se revisaron los cuerpos de agua objeto de monitoreo en la campaña del EIA 2021⁸ y se seleccionaron los nuevos puntos acordes a las necesidades de la presente modificación, como los drenajes objeto de solicitud de ocupación de cauce y aquellos susceptibles a intervención por actividades como la construcción de la vía sur, tal como se describen en el Capítulo 3 Descripción del Proyecto y Capítulo 7. Uso, Aprovechamiento y Manejo de Recursos Naturales. (ver **Tabla 2-8** y **Figura 2-10**).

⁸ Ibidem

**ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL
PROYECTO “ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE
EVACUACIÓN DE 500 KV”**

TABLA 2-8 PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

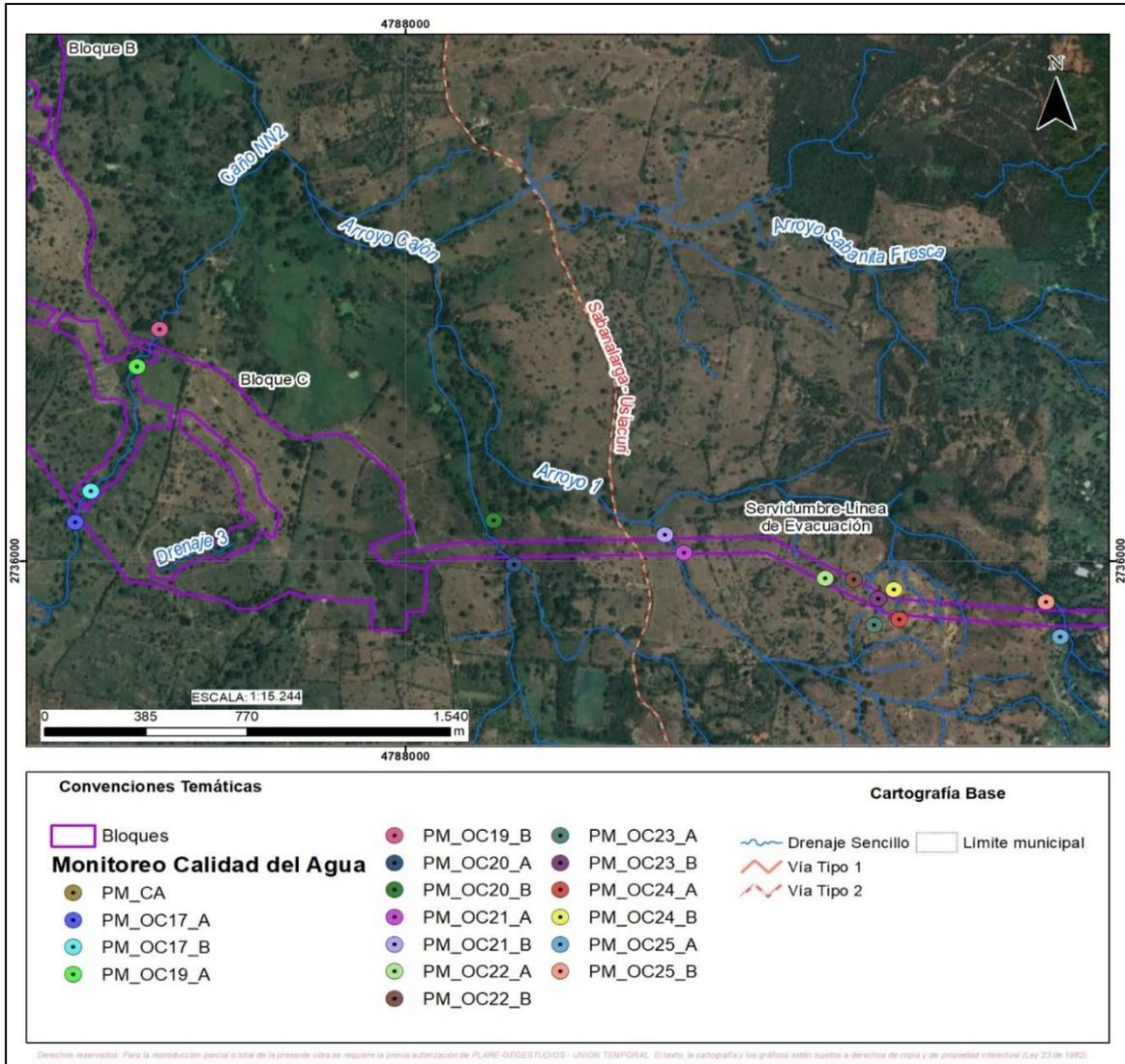
Campaña 2020 (16 diciembre 2020)				Campaña 2023 - I (22 a 27 abril 2023)				Campaña 2023 - II (12 al 13 julio 2023)				
ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID RENOMBRE HOMOLOGACIÓN CAMPAÑA 2020	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		
		ESTE	NORTE	PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE		ESTE	NORTE			PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE	ESTE	NORTE
PM_ArrIL	Arroyo Isabel López	4784442	2739654					PM_ArrIL_2023	Arroyo Isabel López	4784282	2739364	
												OVP-34 OC 1 OC-5 OCNV-31, OCNV-32
PM_ArrPI	Arroyo Platanal	4784596	2738170					PM_ArrPI_2023	Arroyo Platanal	4784594	2738176	
												OCM-43 OC-8 OCNV- 33, OCNV-34
									Drenaje tributario al Arroyo Platanal	4784601	2738032	
												OVP-37 Sin OC asociada
												OV-27*
												OC-10 OC-18
												OVP-32*
												OC 1 OC-5 OCNV-31, OCNV-32
												OVP-40*
												OC-10 OC-18
												OVP-37 Sin OC asociada
												OV-27*
									Drenaje 1	4786101	2738255	
												OC-10 OC-18
									Arroyo Isabel Lopez	4784395	2741116	
												OC-10 OC-18
									Drenaje 1	4786390	2737073	
												OC-10 OC-18
				P14								
				OC-17 OCNV-35	OC-17 AGUAS ARRIBA*	4786746	2736159					
				P15								
				OC-17 OCNV-35	OC-17 AGUAS ABAJO*	4786804	2736290					
				P1								
				OCN-20	OC-20 AGUAS ARRIBA	4788413	2735983					
				P2								
				OCN-20	OC-20 AGUAS ABAJO	4788335	2736167					
				P16								
				OCNT-21	P16-DRENAJE TORRE 4-AGUAS ARRIBA*	4789058	2736032					

ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL PROYECTO “ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV”

Campana 2020 (16 diciembre 2020)				Campana 2023 - I (22 a 27 abril 2023)				Campana 2023 - II (12 al 13 julio 2023)				
ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID PUNTO MONITOREO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ID PUNTO MONITOREO	ID RENOMBRE HOMOLOGACIÓN CAMPAÑA 2020	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE	PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE		ESTE	NORTE				PUNTO DE OCUPACIÓN DE CAUCE	ESTE
				P17	P17-DRENAJE TORRE 4-AGUAS ABAJO*	4788986	2736108					
				OCNT-21								
				P3	P-3-PUNTO DE CALIDAD DE AGUA	4787496	2737732					
				Sin OC asociada								
				P4	P4-DRENAJE TORRE 6-AGUAS ARRIBA*	4789596	2735927					
				OCNT-22								
				P5	P5-DRENAJE TORRE 6-AGUAS ABAJO*	4789705	2735921					
				OCNT-22								
				P6	DRENAJE IZQUIERDO TORRE 7 AGUAS ARRIBA*	4789781	2735734					
				OCNT-23								
				P7	DRENAJE IZQUIERDO TORRE 7 AGUAS ABAJO*	4789798	2735841					
				OCNT-23								
				P8	DRENAJE DERECHO TORRE 7 AGUAS ARRIBA*	4789876	2735756					
				OCNT-24								
				P9	DRENAJE DERECHO TORRE 7 AGUAS ABAJO*	4789856	2735880					
				OCN4-24								
				P10	DRENAJE A TORRE 9 AGUAS ARRIBA*	4790488	2735685					
				OCNT-25								
				P11	DRENAJE A TORRE 9 AGUAS ABAJO*	4790435	2735830					
				OCNT-25								
				P12	OC-19 AGUAS ARRIBA*	4786980	2736806					
				OC-19								
				P13	OC-19 AGUAS ABAJO*	4787065	2736959					
				OC-19								

Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 2-10 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA ÁREA DE INTERVENCIÓN PARQUE SOLAR “ATLÁNTICO”



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

➤ **Fase Campo**

- Calidad de agua

La campaña de monitoreo fue realizada para los cuerpos de agua de probable intervención y teniendo en cuenta los puntos monitoreados en el EIA 2021⁹ y evaluada mediante la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, monitoreo realizado el 16 de diciembre de 2020 por Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S. (SERAMBIENTE S.A.S.) y SGS COLOMBIA S.A.S. AGQ PRODYCON S.A.S., y LIMA S.A.S., laboratorios acreditados por el IDEAM y la comparación con base en los resultados de la campaña realizada entre el 22 al 27 de abril y 26 y 30 de junio de 2023, realizada con el laboratorio

⁹ Ibidem

MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. (ver **Anexo_3. Soporte Técnico/ 3.1.1_Campaña EIA 2021 y 3.1.2 3.1.2_Campaña EIA Modificación 2023**).

Se realizó la verificación de los puntos objeto de muestreo para el análisis de la calidad del agua, actividad ejecutada por el laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. El trabajo de campo se realizó en dos etapas, un monitoreo entre el 22 al 27 de abril de 2023 para 17 puntos y el segundo momento entre el 12 y 13 de julio de 2023, para 6 puntos adicionales.

Se determinaron los métodos, técnicas y periodicidad de los muestreos en la salida de campo en los sitios inicialmente identificados para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Se tomaron muestras en cuerpos de agua loticos.

La metodología implementada para la toma de muestras fisicoquímicas y bacteriológicas, corresponden a las definidas por el área de calidad del laboratorio certificado por el IDEAM, por lo cual la responsabilidad de los muestreos estuvo a cargo del laboratorio MCS.

Los procedimientos de muestreo en campo se realizaron teniendo en cuenta los instructivos del laboratorio (certificado) I-PMO01-08 (Muestreo de agua), I-PMO01-10 (Aforo de caudal), I-PMO01-09 (medición de parámetros fisicoquímicos in situ), I-PMO01-06 (Muestreo de plancton continental), I-PMO01-04 (Muestreo de perifiton), I-PMO01-01 (Muestreo de macroinvertebrados bentónicos), I-PMO01-03 (Muestreo de macrófitas) y I-PMO01-02 (Muestreo de Ictiofauna), basados en la metodología propuesta por los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods 23rd Edition, 2017 (SM 1060-A).

- Aforo de Caudal

El caudal corresponde al volumen de agua que pasa instantáneamente por la sección de aforos en la unidad de tiempo y se expresa en metros cúbicos por segundo (m³/s) o en litros por segundo (L/s) cuando se manejan pequeñas magnitudes. El caudal en una corriente de agua es función del área de la sección de aforos (A) y de la velocidad media del flujo (V) y se obtiene mediante el producto de estas dos variables. La selección del número de verticales es un aspecto clave en la precisión y confiabilidad del aforo. En la medida de lo posible se debe realizar entre doce (12) y quince (15) verticales. Sin embargo, este número se debe reducir o aumentar dependiendo del ancho total del cuerpo de agua (IDEAM, 2007).

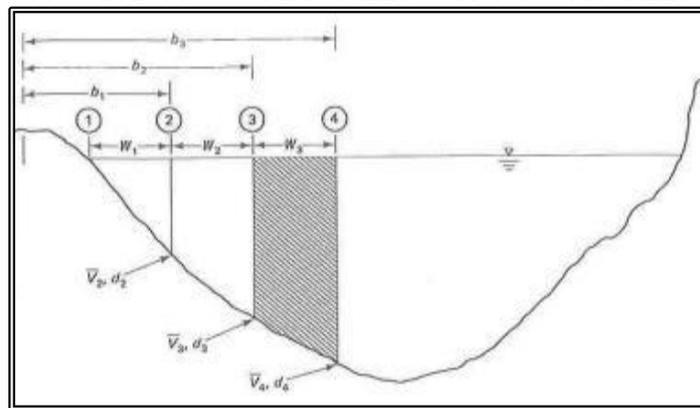
TABLA 2-9 NÚMERO DE VERTICALES RECOMENDADAS

ANCHO TOTAL	NÚMERO DE VERTICALES
0 – 1 Metro	2 a 3 Verticales
1- 3 Metros	3 a 5 Verticales
3 – 5 Metros	5 a 10 Verticales
5 – 10 Metros	10 a 15 Verticales
>10	>15 Verticales

Fuente: Herschy, 1999.

La distancia entre dos verticales consecutivas se denominará ancho parcial. Esta distancia entre verticales debe ser reducida a medida que se alcanzan los sectores con las mayores velocidades. Lo anterior es necesario porque se debe cumplir en todo aforo la siguiente regla: los caudales parciales deben ser inferiores al 10% del caudal total del cuerpo (IDEAM, 2007).

FIGURA 2-11 VERTICALES Y ANCHOS PARCIALES



Fuente: Gupta, 1989.

Determinar el ancho total del cauce y la distancia entre verticales (anchos parciales), por medio de una cinta métrica, extendiéndola provisionalmente a través del río, anclando o asegurando cada uno de sus extremos en estacas o en elementos naturales como árboles. Esta forma de determinar el ancho aplica para aforos por vadeo y por bote cautivo. Para el caso de aforo por suspensión se utilizan marcas semipermanentes o temporales pintadas en la baranda del puente para determinar el ancho total y la distancia entre verticales (IDEAM, 2007).

Medir la profundidad en cada una de las verticales usando las varillas de vadeo graduadas, midiendo la distancia entre la superficie del agua hasta el lecho del cauce, en caso de que el aforo sea por vadeo. Para aforos por suspensión y por bote cautivo utilizar el sistema de malacate para realizar la medición (IDEAM, 2007).

Determinar la velocidad media en cada una de las verticales que componen el ancho total del cauce, orientando el molinete en dirección de la corriente antes de iniciar las mediciones y teniendo en cuenta los siguientes criterios (IDEAM 2007):

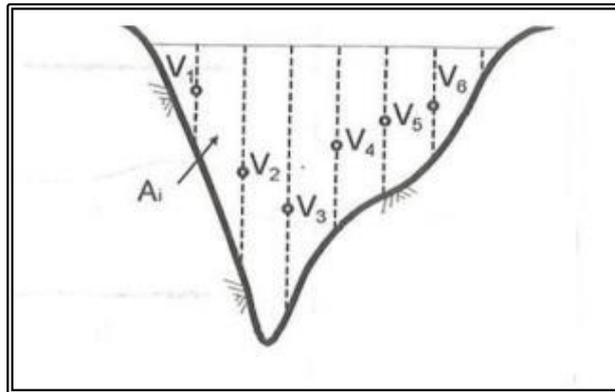
Método de un punto (60%): Si la profundidad de la vertical es <1,50 metros, medir la velocidad colocando el molinete al 60% de la profundidad total, teniendo como referencia la superficie del agua. Este valor obtenido al 0,6 se considerará como la velocidad media de la vertical.

Método de dos puntos (20% y 80%): Si la profundidad de la vertical es >1,50 metros, medir la velocidad colocando el molinete al 20% y 80% de la profundidad total, teniendo como referencia la superficie del agua. El promedio de los dos valores se considerará como la velocidad media de la vertical.

Medir la velocidad o revoluciones de la hélice en un lapso de 50 segundos.

La velocidad media de un ancho parcial será el promedio de las dos velocidades sucesivas y así para cada una de las secciones parciales.

FIGURA 2-12 VELOCIDAD MEDIA

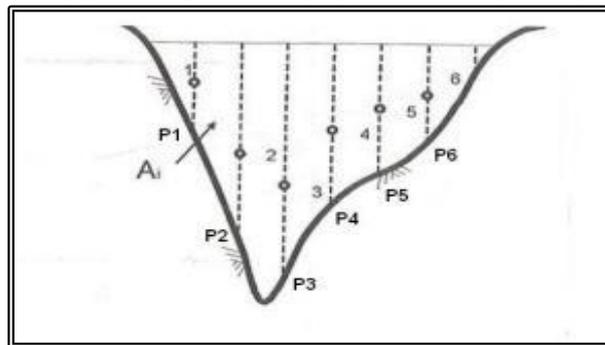


Fuente: López, 2003.

$$V_{media} = \left[\frac{V_1 + V_2}{2} \right]$$

La profundidad media de un ancho parcial será el promedio de las dos profundidades sucesivas y así para cada una de las secciones parciales.

FIGURA 2-13 PROFUNDIDAD PROMEDIO



Fuente: López 2003.

$$P_{media} = \left[\frac{P_1 + P_2}{2} \right]$$

Las áreas parciales (Ap) resultan de multiplicar el promedio de las profundidades por el ancho parcial de la sección.

$$A_p = P_{media} \times \text{Ancho Parcial}$$

Los caudales parciales (Q_p) resultan de multiplicar las áreas parciales (A_p) por la velocidad media de la sección.

$$Q_p = A_p \times V_{media}$$

Los caudales parciales (Q_p) se suman para obtener el caudal total (Q_T)

$$Q_T = \sum Q_{parciales}$$

TABLA 2-10 DESCRIPCIÓN EQUIPO USADO PARA MEDICIÓN DEL CAUDAL EN CAMPO.

NOMBRE	Micromolinete
MARCA	GEOPACK
MODELO	N/A
SERIE	MFP51
CÓDIGO MCS	EQC-MCS 1163
FECHA DE CALIBRACIÓN	30/08/2022

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

- Muestreo fisicoquímico y microbiológico

Para la toma de las muestras de agua, se utilizó un balde azul, con el cual se llenaron los respectivos recipientes de vidrio ámbar o plástico opaco debidamente rotulados; así mismo, las muestras fueron preservadas teniendo en cuenta el análisis a realizar (acidificación y/o refrigeración). Una vez colectadas, las muestras fueron almacenadas en neveras de polietileno, para garantizar las condiciones de refrigeración; posteriormente se registró en formatos de campo la información correspondiente, como fecha y hora de muestreo, responsable de la toma, origen, tipo de fijación y otras observaciones pertinentes al monitoreo (**Anexo_3. Soporte Técnico/3.1 Calidad de agua/3.1.2_Campaña EIA Modificación 2023**).

Es importante mencionar que la toma de muestras para los análisis de parámetros microbiológicos (coliformes) y algunos fisicoquímicos como grasas y aceites, se realizaron llenando los recipientes directamente del cuerpo de agua, evitando el ingreso de sólidos o demás agentes extraños ajenos al sistema hídrico superficial monitoreado (**Fotografía 2-3**).

FOTOGRAFÍA 2-3 TOMA DE MUESTRAS FÍSICOQUÍMICAS



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Las mediciones de los parámetros físicoquímicos como temperatura y pH se realizaron in situ simultáneo al muestreo de comunidades hidrobiológicas, haciendo uso de un equipo multiparámetro previamente verificado y cuyo certificado de calibración se encuentra en el (Anexo_3. Soporte Técnico/3.1 Calidad de agua/3.1.2_Campaña EIA Modificación 2023, y Tabla 2-11).

TABLA 2-11 DATOS SONDA PARÁMETROS IN SITU

NOMBRE	Multiparámetro
MARCA	HACH
MODELO	HQ40D
SERIE	121000080131
CÓDIGO MCS	EQC-MCS-0579
FECHA CERTIFICADO	2022/07/26

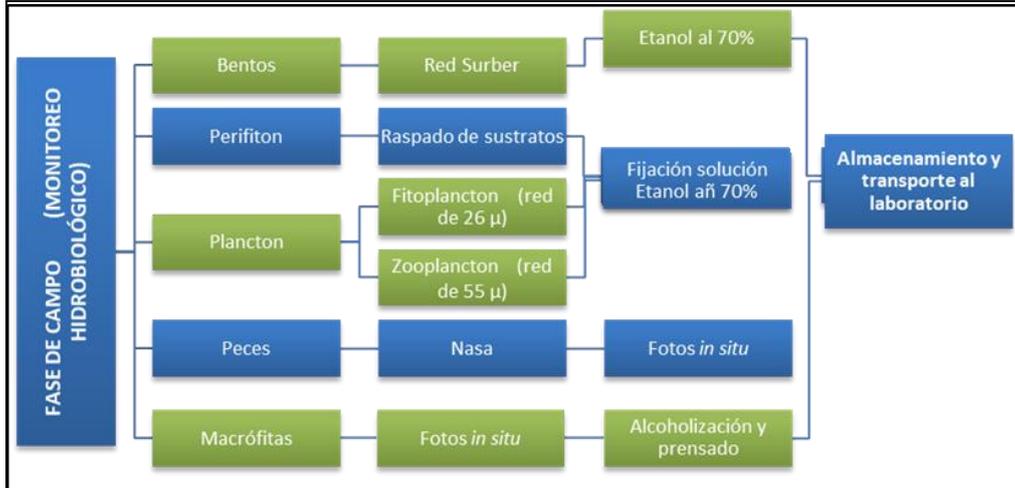
Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023

Para los demás parámetros solicitados a evaluar, se colectaron muestras de agua, las cuales posteriormente fueron enviadas a los laboratorios MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., para su correspondiente gestión y análisis (este laboratorio cuenta con la acreditación ante el IDEAM, (Anexo_3. Soporte Técnico/3.1 Calidad de agua/3.1.2_Campaña EIA Modificación 2023). El tiempo transcurrido entre toma de muestras y recepción de estas en el laboratorio no superó las 48 horas.

- Hidrobiológicos

Durante esta fase se efectúan todas las actividades involucradas en la salida de campo (Figura 2-14). Después de identificar el punto de monitoreo, se desarrolló la toma de muestras dependiendo de la comunidad específica a monitorear. Una vez tomadas, éstas fueron rotuladas y registradas correctamente en formatos de campo incluyendo fecha y hora de muestreo, responsable de la toma, origen y estado de estas, tipo de comunidad, tipo de fijación y otras observaciones pertinentes (Anexo_3. Soporte Técnico/3.2 Ecosistemas Acuáticos HB/ Campaña 2023/ Anexos /Soportes de campo). Las muestras fueron enviadas y analizadas en el laboratorio de MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. A continuación, se describen las metodologías para el muestreo de las diferentes comunidades hidrobiológicas objeto de estudio.

FIGURA 2-14 ACTIVIDADES DE LA ETAPA DE CAMPO



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

- Macroinvertebrados Bentónicos

Las muestras fueron colectadas con una red Surber de 363 μm de ojo de malla y un área de 0,09 m^2 . En cada punto de monitoreo se definió una zona para realizar el muestreo; se realizan varios barridos con la red Surber para un total de 10 ocasiones, en diferentes hábitats y sustratos para la colecta de diferentes tipos de organismos (**Fotografía 2-4**). El material colectado fue depositado en bolsas de seguridad, fijado con la solución de Etanol al 70% y teñido con el colorante Rosa de Bengala. Una vez colectadas las muestras, se rotularon y almacenaron en una nevera de icopor, una vez se realizó su respectivo registro, cumpliendo con los requisitos expuestos en las planillas de campo.

FOTOGRAFÍA 2-4 MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

- Fitoplancton

Las muestras fueron tomadas con la ayuda de una red de plancton, con diámetro de ojo de malla de 23 μm , que permite la colecta de organismos mayores a este diámetro, además de la concentración de la muestra. Se utilizó un recipiente de volumen de agua conocido (balde de 10 L) para efectuar la filtración de la muestra por la red (100L). Esta

consta de un cono o colector ubicado en la parte inferior, en el cual se concentran los organismos colectados. Posterior a la filtración, se prosiguió con el almacenamiento de las muestras en frascos ámbar, las cuales fueron fijadas utilizando solución de alcohol al 70%; adicionalmente se agregaron unas gotas de Lugol para facilitar la identificación en el laboratorio. Por último, se procedió con la marcación y almacenamiento en las neveras de icopor.

- Zooplancton

La colecta de las muestras se efectuó de forma similar al fitoplancton, con la ayuda de una red de plancton de mayor micraje (55 μm), ya que el tamaño de estos organismos es superior al del fitoplancton, filtrando un total de 100 organismos. (**Fotografía 2-5**). Una vez tomadas las muestras se procedió a depositarlas en los frascos debidamente etiquetados. Posteriormente, se agregó un agente narcótico (soda), adicionando a la muestra trazas de bórax que evita o reduce la contracción o distorsión de los organismos. Una vez narcotizados y luego de 30 minutos, se añadió la solución conservante o fijadora (Etanol 70%) para su posterior traslado al laboratorio.

FOTOGRAFÍA 2-5 MUESTREO DE PLANCTON



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

- Perifiton

La colecta de las muestras se efectuó raspando en 10 ocasiones con un cepillo los sustratos naturales presentes en los puntos monitoreados (troncos, piedras y hojas), en un área conocida (cuadrante de perifiton de 7,82 cm^2 (**Fotografía 2-6**). Posteriormente, el material acumulado se disolvió en un frasco de vidrio ámbar que contenía solución Etanol al 70% y se le agregaron unas gotas de Lugol para facilitar su identificación en el laboratorio. Las muestras fueron marcadas, registradas en las planillas de campo y almacenadas en una nevera de icopor para su posterior traslado al laboratorio.

FOTOGRAFÍA 2-6 MUESTREO DE PERIFITON



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

- Ictiofauna

Para el muestreo de ictiofauna, se usaron las artes de pesca que permiten muestrear especies de talla pequeña de bajo o nulo interés pesquero. Se utilizó red tipo nasa y anzuelos. Se realizaron varios barridos y lances con un esfuerzo de muestreo de 60 minutos por cada arte de pesca, sobre cada fuente hídrica evaluada (**Fotografía 2-7**). La longitud del transecto (100 m) propuesta para la metodología de fauna íctica anteriormente mencionada puede variar según las condiciones longitudinales de los cuerpos de agua (acceso, homogeneidad de los sustratos y tamaño del cuerpo de agua).

FOTOGRAFÍA 2-7 MUESTREO DE FAUNA ÍCTICA



Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., 2023.

Las especies obtenidas, fueron fotografiadas en vista lateral, superior e inferior. Adicionalmente, se tomarán fotografías detalladas de las aletas pélvicas, pectorales, anal, dorsal y caudal, así como de la cabeza en vista lateral, superior, inferior y frontal. Posteriormente, dichas especies serán liberadas nuevamente al medio. Para especies pequeñas de difícil identificación, además del registro fotográfico, se coleccionarán los especímenes en frascos de vidrio transparentes preservados con formol al 10%. Los ejemplares coleccionados y preservados fueron transportados en neveras de poliestireno

vía terrestre hasta el laboratorio de hidrobiología de MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. en la ciudad de Bogotá.

- Macrófitas acuáticas

Para la caracterización de esta comunidad se realizó un transecto de 10 m paralelo a la orilla del sistema, dividiendo éste entre el área terrestre y el área acuática (zona litoral), dependiendo la longitud de los parches de macrófitas (Esteves, 1998), en cada cuerpo de agua. Por medio de un cuadrante de dimensiones conocidas (1m x 1m), se estimaron las coberturas (en porcentaje) de las diferentes plantas que quedaban ubicadas dentro del cuadrante, realizando tres réplicas en la interfase agua – tierra y tres réplicas en la fase acuática.

En la cadena de custodia y el formato de campo respectivo (ver **Anexo 3. Soporte Técnico/ 3.2 Ecosistemas Acuáticos HB/ Campaña 2023/Anexos/Soportes de campo/HB**), se registró la información de cada morfoespecie como características de la planta y nombre común, relacionando el tipo de crecimiento, hábitos y algunas características taxonómicas relevantes de los especímenes (Schmidt-Mumm, 1998), para finalmente estimar el porcentaje de cobertura. Luego de obtener las coberturas, se tomó un ejemplar de cada una de las morfoespecies existentes en la estación, para lo cual se extraerán ejemplares que presenten sus estructuras reproductivas (flores y frutos), raíces y hojas completas. El material colectado se limpiará previamente con abundante agua, con el fin de eliminar los excesos de materia orgánica o sedimento adherido a las raíces u hojas y se prensará en papel periódico. Cada espécimen envuelto en periódico se humedecerá con alcohol al 70% (por medio de un atomizador) para su preservación y transporte al laboratorio. Se tomará el registro fotográfico de todas las especies registradas en campo, al igual que a cada uno de los cuadrantes estimados durante el monitoreo.

➤ **Fase Post Campo (Procesamiento y análisis de la información recopilada)**

Se realizó la interpretación y análisis de los resultados entregado por el laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S, además se determinan otros parámetros como los índices de clasificación ICO's, como Índice de Calidad del Agua – ICA, índices de contaminación por materia orgánica (ICOMO), por sólidos suspendidos (ICOSUS), dando cumplimiento con los términos de referencia TdR 015 y al Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.3.2.7.6.

2.3.3.1.7 Usos del agua

Con base en la información técnica del EIA, 2021¹⁰ Capítulo 5.1 Caracterización Medio Abiótico, Numeral 5.1.6 Usos del Agua, se validaron los usos y usuarios de los cuerpos de agua presentes en el área del proyecto. El trabajo social, realizado entre el 04 a 10 de mayo 2023, permitió mediante entrevistas realizadas a los encargados de los Acueductos Rurales y a los propietarios de las fincas del AI complementar la caracterización del componente usos del agua

Igualmente, a través de la consulta en el Geoportal del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC, 2019) y mediante solicitud a la Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA, se consultaron las concesiones de agua otorgadas de

¹⁰EIA, radicado mediante oficio 2020161852-1-000 del 22 de septiembre de 202, e información complementaria radcada con oficio 2021049817-1-000 del 19 de marzo de 2021

fuentes superficiales o subterráneas. (ver **Anexo 1_ Comunicaciones/Comunicaciones EIA 2023/1.2_Gestión Regional**)

2.3.3.1.8 Geotecnia

La metodología a seguir para el desarrollo del componente geotécnico en el marco del Estudio de Impacto Ambiental - Modificación de licencia No. 1 del Proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su Línea de evacuación de 500 Kv” se realiza teniendo como base la información contenida en el documento “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW, 2021”¹¹, el cual fue desarrollado a partir del “Estudio Geotécnico para el Proyecto Solar Atlántico - GEOINTEC S.L, 2019” y el Informe geotécnico elaborado por INGETEC, 2020 “Geotecnia Instalaciones Proyecto Solar Fotovoltaico Atlántico”, en donde se desarrollaron 23 calicatas/apiques y dos (2) perforaciones mecánicas. (ver **Anexo_3. Soporte Técnico/3.4 Estudios Básicos**), en los cuales se realizaron además de ensayos in situ y de laboratorio que sirven para caracterizar los materiales presentes en el área de intervención del proyecto desde el punto de vista de resistencia de los materiales y estabilidad de los mismos, así mismo, a partir de la caracterización de geología, geomorfología y suelos y haciendo una correlación con la información primaria de los estudios geotécnicos antes mencionados, se realiza una zonificación de estabilidad geotécnica para el área de influencia fisicobiótica del proyecto.

2.3.3.1.9 Atmosfera

➤ Fuentes de emisiones atmosféricas

El inventario de fuentes de emisión, en el área de proyecto definida para la construcción del Parque Solar (Bloque A Bloque B y Bloque C), la vía de acceso norte, la línea de evacuación de 500 kW ubicada en el Bloque C y la subestación elevadora y para los elementos que hacen parte de la presente modificación como son, la construcción de la vía sur, las zonas de tendido, ampliación de las zonas de trabajo de las torres y dos (2) zodmes, se efectúa con la finalidad de determinar no solo la cantidad de fuentes sino la repercusión sobre el área; lo cual constituye un insumo indispensable en la toma de decisiones para la calificación y descripción de la evaluación de impactos, además es una herramienta para la elaboración de programas de manejo ambiental y medidas de seguimiento y monitoreo que propendan a la mejora de la calidad de aire.

Teniendo en cuenta lo anterior, la identificación de las fuentes de emisión se realizó con base en la clasificación de fuentes contaminantes definidas el Título 5, Capítulo 1, Sección 3, Artículo 2.2.5.1.3.2 del Decreto 1076 de 2015¹² (antes Decreto 948 de 1995, Art. 18), con la finalidad de identificar de manera preliminar los diferentes contaminantes atmosféricos que pueden estar presentes en el área de proyecto.

Cabe resaltar, que, la información consignada a continuación, fue recolectada en la labor de campo efectuada entre el 03 a 09 de mayo 2023, por el profesional ambiental de UT PLARE GEOESTUDIOS.

¹¹ Ibidem

¹² Decreto 1076 del 26 de mayo del 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

➤ **Aforo vehicular**

- Fase pre-campo

Comprendió la ejecución de las actividades previas a la salida de campo, ejecutando la revisión de información secundaria, análisis de ubicación de las estaciones de aforo, definición de formato de captura de información y estrategias de la caracterización vehicular.

- Formato de aforo para el TPD

El formato para el aforo de TPD (ver **Figura 2-15**), permitió registrar los tipos de vehículos que transitan las vías escogidas para realizar el análisis; estableciendo los sentidos de flujo y los horarios, durante un periodo de tiempo y con estos datos poder calcular el TPD de las vías representativamente importantes.

Para el diligenciamiento de dicho formato se tomó en cuenta las siguientes recomendaciones:

- **Nombre de la vía:** Se asigna un nombre a la vía a la cual se le está ejecutando el aforo.
- **Coordenadas:** Se insertan las coordenadas en sistema DATUM MAGNA SIRGAS, obtenidas a través de un dispositivo GPS previamente configurado.
- **Fecha:** Se inserta la fecha en la cual se realiza el aforo.
- **Nombre del aforador:** Se debe insertar el nombre del auxiliar de campo el cual realiza el aforo.
- **Responsable del TPD:** Se inserta el nombre del profesional (Ing. Civil) responsable de ejecutar los cálculos finales de TPD.
- **Estado del clima:** Se inserta el estado del clima que se presente durante la ejecución del aforo, entre otros: soleado, nubado, lluvia, llovizna, etc.
- **Tipo de vehículo:** En estas casillas se presentan ocho diferentes categorías, las cuales se presentan con gráficos para que el aforador tenga facilidad de identificar cada tipo de vehículo que transita por la vía aforada. Permite insertar los tipos de vehículos que transitan entre una hora determinada. A continuación, se describen algunas características de los tipos de vehículos:
 - Automóviles: Incluye autos, camionetas y camperos.
 - Bus: Incluye busetas, buses rurales (bus escalera) y buses urbanos.
 - C2P: Camiones pequeños, generalmente tamaños hasta las nombradas “turbo”.
 - C2G: Camiones grandes, los cuales solo tengan un eje delantero y un eje trasero.
 - C3 – C4: Son vehículos que tienen tres y cuatro ejes en diferentes tipos de distribución.
 - C5: Tracto camiones que presentan hasta cinco ejes.
 - >C5: Tracto camiones que presentan más de cinco ejes.
 - Al final de cada casilla de tipo de vehículos se encuentra un espacio en el cual se debe ejecutar una sumatoria, subtotal de cada periodo horario.

- Observaciones: En este espacio se anotan las observaciones que pueden ser relevantes y no se encuentran dentro del formulario. (ver **Anexo_2. Descripción del proyecto/2.3 Formato de Aforo Vehicular**)

FIGURA 2-15 FORMATO DE AFORO PARA EL TPD DEL PROYECTO

Fecha _____		Proyecto _____		Municipio aforado: 20000													
Día _____		Medida _____		DH _____													
Aforador _____		Intersección _____		Condición Climatológica _____													
Autobús	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta	Motocicleta
																	
																	
																	
																	
																	
																	
																	

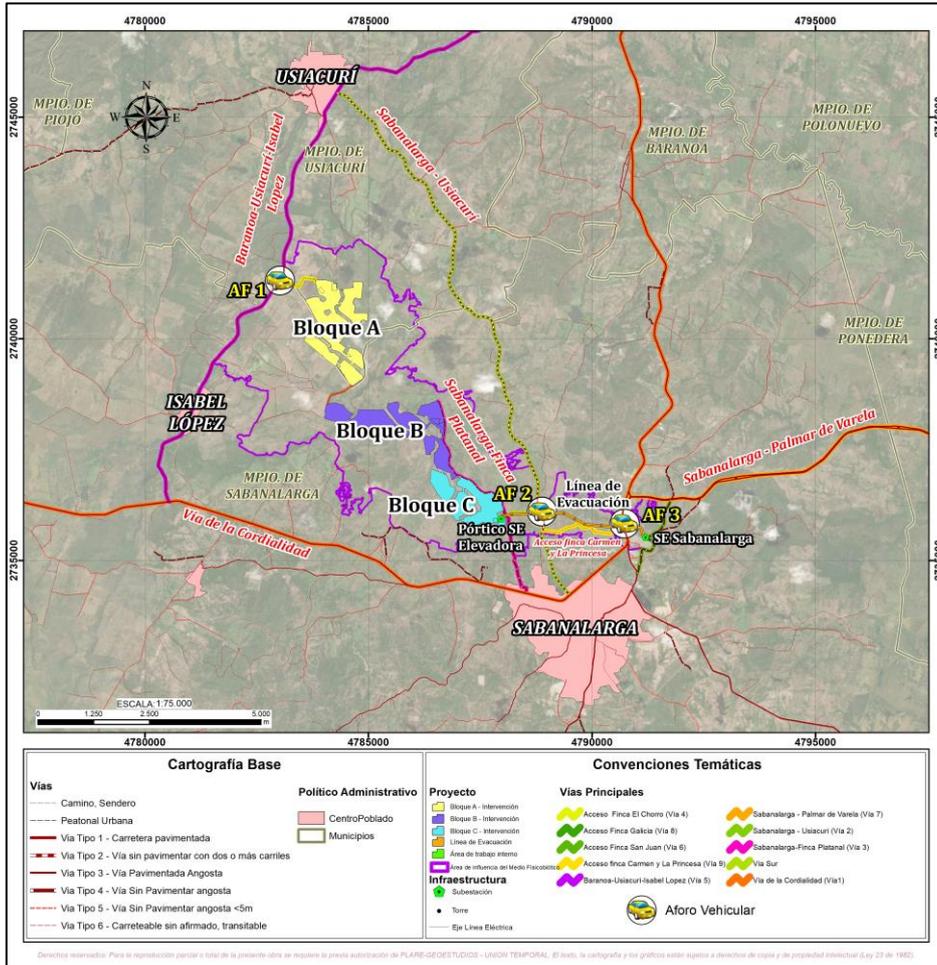
Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023

- Fase de campo

Con el objetivo de realizar una caracterización exhaustiva del tránsito vehicular en las vías principales de acceso al Proyecto, se llevaron a cabo aforos vehiculares los días 4 y 6 de junio de 2023. Estos aforos se realizaron durante un período continuo de ocho (8) horas por día, con horario de 6:30 am a 10:30 am y de 2:00 pm a 6:00 pm, abarcando tanto días hábiles como no hábiles, siendo estos los horarios de mayor tráfico vehicular en el municipio. La etapa de campo tuvo el siguiente procedimiento:

Se efectuaron tres (3) muestreos de tráfico vehicular en las vías adyacentes al proyecto y a la línea de transmisión eléctrica con el propósito de establecer el Tránsito Promedio Diario (TPD) y recopilar información precisa sobre las condiciones actuales de dichas vías. Estos muestreos también brindan datos relevantes para evaluar las emisiones atmosféricas generadas por los vehículos en estas áreas específicas. (ver **Figura 2-16**).

FIGURA 2-16 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE AFORO VEHICULAR



Fuente: U.T. PLARE-GEOESTUDIOS, 2023

➤ Monitoreo de calidad de aire

Para la elaboración del presente Estudio de Impacto Ambiental EIA, se evaluó la calidad del aire en la zona en estudio mediante la realización de monitoreos, entre el 28 de junio y el 18 de julio de 2023, que permitieron llevar a cabo la cuantificación de los compuestos que constituyen los contaminantes más comunes reconocidos, presentes en mayores cantidades y que afectan la salud humana y el ambiente natural.

Para realizar el análisis de calidad de aire y ruido, se contrató al laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. que cuenta con las acreditaciones expedidas por el IDEAM para realizar la toma y análisis de las muestras de aire exigidas y necesarias para la elaboración de la línea base ambiental del estudio de impacto ambiental. (ver **Anexo 3. Soporte Técnico/3.9 Calidad de aire y ruido/Campaña 2021 y Campaña 2023**)

En total se instalaron tres (3) estaciones de monitoreo de calidad de aire; su ubicación tuvo en cuenta, entre otros criterios, los sitios monitoreados en el EIA, 2021¹³ la dirección predominante del viento, ubicación de centros poblados y de zonas industriales, así como zonas de alto flujo vehicular. Adicionalmente, se verificó que la ubicación de las estaciones de monitoreo permitiera dar un cubrimiento completo a la zona en estudio para la posterior elaboración del mapa de dispersión de contaminantes.

Los parámetros medidos corresponden a:

- Partículas Suspendidas Totales (PST)
- Partículas Suspendidas menores a diez micras (10 μ) - (PM-10)
- Partículas Suspendidas menores a dos punto cinco micras - (2,5 μ)
- Dióxido de Azufre (SO₂)
- Óxidos de Nitrógeno (NO₂)
- Monóxido de Carbono (CO)

El monitoreo de calidad de aire se ejecutó teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en la metodología que se presenta en el **Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire**, adoptado por el MAVDT. (ver **Tabla 2-12** y **Figura 2-17**).

Adicionalmente, se tuvieron en cuenta los resultados del monitoreo de calidad del aire realizado en el año 2020, para compararlo con la campaña de la presente modificación.

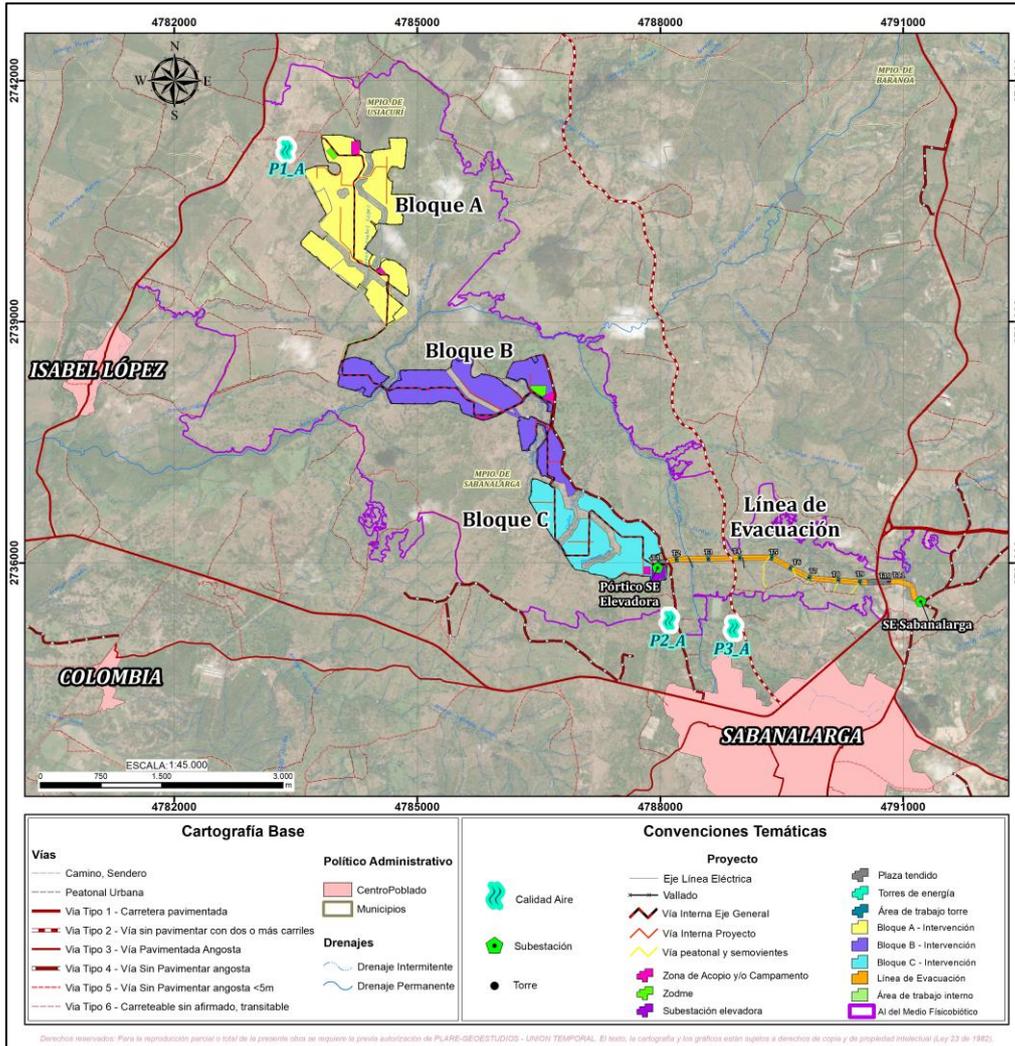
TABLA 2-12 PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

ID y nombre Punto campaña 2020	Coordenadas Planas Origen Nacional		ID y nombre Punto campaña 2023	Coordenadas Planas Origen Nacional		Parámetros Evaluados
	Este	Norte		Este	Norte	
P1_A. Finca El Chorro	4783383,14	2741141,56	E1 Finca El Chorro	4783287	2741009	PM10, PM2.5, NO2, SO2, CO
P2_A. Finca Tierra Santa	4788111,18	2735287,56	E2 Finca Tierra Santa	4788111	2735287	PM10, PM2.5, NO2, SO2, CO
P3_A. Solar Fondo de Vivienda Manzana 2	4788906,66	2735184,6	E3 Solar Fondo de Vivienda	4788906	2735185	

Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

¹³ EIA, radicado mediante oficio 2020161852-1-000 del 22 de septiembre de 2020, e información complementaria radicada con oficio 2021049817-1-000 del 19 de marzo de 2021

FIGURA 2-17 UBICACIÓN DE ESTACIONES PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023.

➤ Ruido

Por otra parte, para la identificación de los niveles de presión sonora en el área en estudio, se realizaron diez (10) monitoreos de ruido diurno y nocturno, entre 9 y 10 de julio de 2023, La ubicación de los puntos de monitoreo de ruido se llevó a cabo de tal forma que permitiera que los resultados fueran lo más representativos posible de las condiciones reales y más frecuentes de la zona, para la posterior elaboración del mapa de isófonas. De esta forma, la selección de los puntos de monitoreo tiene en cuenta criterios tales como existencia de zonas sensibles, asentamientos humanos, infraestructura social, entre otros. Igualmente, para el monitoreo de ruido ambiental, se tuvo en cuenta lo establecido en la Resolución 627 de 2006, “por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental” con el cual se realizan los análisis con los estándares máximos permisibles establecidos en el artículo 17 (Ver **Tabla 2-13** y **Figura 2-18**).

Se realizó el monitoreo durante tres (3) días consecutivos para evaluar los niveles de presión sonora relacionados a las condiciones iniciales, (línea base) del proyecto y

compararlos con los estándares máximos permisibles establecidos en el artículo 17 de la Resolución 0627 del 2006 del MAVDT, actual MADS.

Las mediciones se realizaron bajo las siguientes condiciones:

- Días Hábiles
- Día No Hábil
- Una medición de 24 horas para un punto crítico (corresponde a un sitio donde claramente se identifica altos niveles de presión sonora por presencia de fuentes de ruido y/o receptores susceptibles de afectación)

El monitoreo se realizó en cinco (5) puntos con base al procedimiento establecido en el Capítulo II del Anexo 3 de la Resolución 0627 del 7 de abril del 2006, en el cual se emplearon los siguientes equipos de muestreo:

- Sonómetro profesional svantek977 – analizador de espectro
- GPS – Garmin Etrex Venture Hc
- Anemómetro digital GM8901 Estación Meteorológica Marca Davis Vantage Pro 2

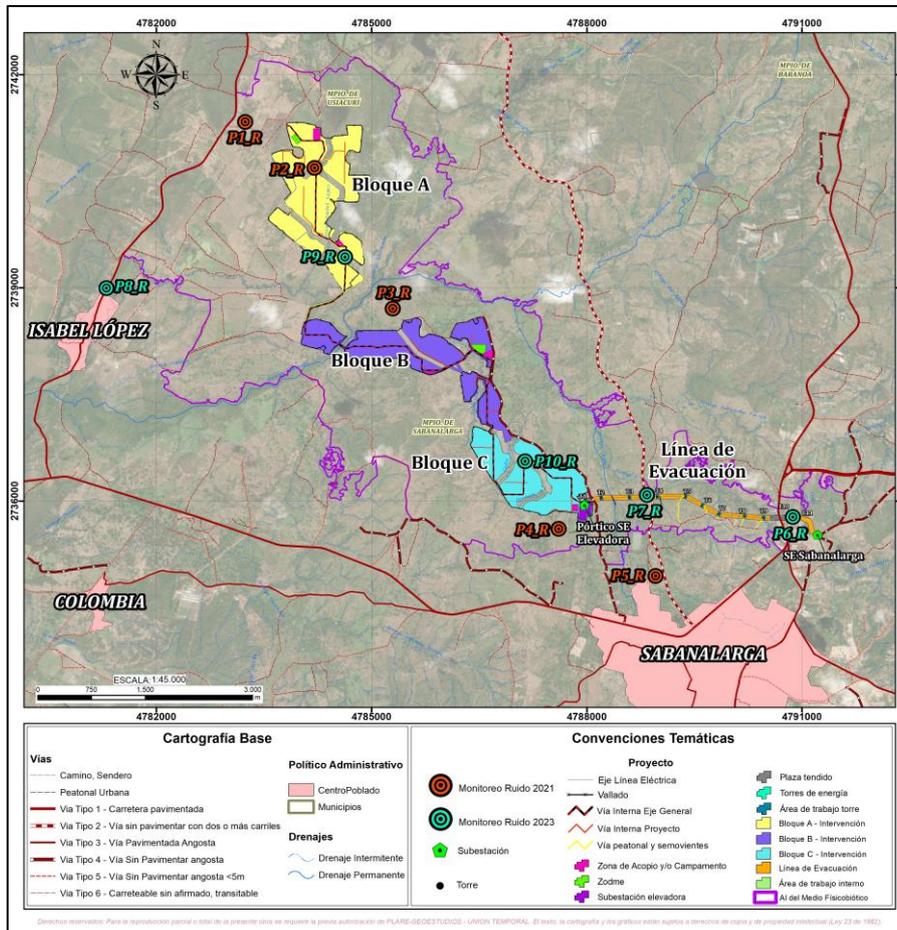
Adicionalmente, se tuvieron en cuenta los resultados del monitoreo de ruido ambiental realizado en el año 2019, para compararlo con la campaña de la presente modificación.

TABLA 2-13 PUNTOS DE MONITOREO DE RUIDO

Campaña de monitoreo noviembre 2019			Campaña de monitoreo julio 2023			Sector de Restricción Resolución N° 627 de 2006
Punto	Coordenadas Planas Origen Nacional		Punto	Coordenadas Planas Origen Nacional		
	Este	Norte		Este	Norte	
P1_R. Costado Derecho – Entrada Finca Toledo	4783237,63	2741332,35	R1	4783238	2741332	D
P2_R. Finca Vecina – Parte posterior Finca Toledo	4784204,49	2740686,26	R2	4784204	2740686	D
P3_R. Costado Sureste – Finca Villa Rosa	4785295,38	2738706,81	R3	4785295	2738707	D
P4_R. Costado Noroeste – Punto 2 Estación de Calidad el Aire	4787610,29	2735607,71	R4	4787610	2735608	D
P5_R. Lado Sur 240 Metros – Punto 3 Estación de Calidad del Aire	4788961,38	2734945,58	R5	4788961	2734946	D
			R6	4790876	2735773	D
			R7	4788842	2736083	C
			R8	4781304	2738994	C
			R9	4784629	2739433	D
			R10	4787143	2736559	D

Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

FIGURA 2-18 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE RUIDO EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

2.3.3.2 Metodología para el Medio Biótico

2.3.3.2.1 Flora

➤ Fase Pre- campo

Para el desarrollo de las actividades objeto de la modificación de la licencia ambiental del proyecto se elaboró una lista de la presencia de especies potenciales y sensibles de árboles que puedan verse afectadas, con el fin de conocer cuál es la diversidad florística del área de intervención, para la conformación de dicha lista se contó con los recursos de documentos y páginas web especializadas:

- Caracterización florística y análisis estructural de la vegetación para el área de influencia presentada previamente en el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Atlántico Photovoltaic De 199,5 MW.

- Herbario virtual del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia¹⁴
- Herbario Forestal UDBC Jorge Emilio Mahecha Vega de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas¹⁵
- Sistema de Información sobre la diversidad Biológica (SIB)¹⁶.
- Bases de datos electrónicas TROPICOS¹⁷, del Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org/Home>)
- Catálogo de plantas y Líquenes de Colombia, de la Universidad Nacional de Colombia

Se identifican aquellas especies que se encuentran en amenaza, endemismo o son consideradas sensibles, para la identificación fue utilizada la colección de diferentes grupos taxonómicos: Palmas en Calderón et al.¹⁸. Especies maderables amenazadas de Cárdenas y Salinas, Igualmente fueron revisadas las resoluciones nacionales 0192 de 2014 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible¹⁹, 0213 de 1977 del INDERENA²⁰ y 0801 de 1977 del INDERENA²¹, además de los acuerdos regionales de la CVS. Adicionalmente, se incluyeron las especies registradas en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN)²² y Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

Las especies amparadas por La Convención Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres – CITES se encuentran incluidas en tres apéndices, según el grado de protección que necesiten, a continuación, se describe cada apéndice:

- Apéndice I: Incluye todas las especies en peligro de extinción y el comercio de esas especies se autorizará solamente bajo circunstancias excepcionales.
- Apéndice II: Incluye las especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia.

¹⁴ HERBARIO NACIONAL COLOMBIANO. Universidad Nacional de Colombia. < <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN>>. [Consultada el 10 de mayo de 2023].

¹⁵ HERBARIO FORESTAL UDBC. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. < <http://herbario.udistrital.edu.co/herbario>>. [Consultada el 10 de mayo de 2023].

¹⁶ IAvH. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Versión 2015. < <http://data.sibcolombia.net/inicio.htm>>. [Consultada el 10 de mayo de 2023].

¹⁷ MISSOURI BOTANICAL GARDEN. < <http://www.tropicos.org/Home.aspx>> [Consultada el 10 de mayo de 2023].

¹⁸ CALDERO, Eduardo., GALEANO, Gloria, y GARCÍA, Néstor. Libro Rojo de plantas de Colombia. Volumen 2: Palmas, frailejones y zamias. Serie de libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. 2005. Conservación Internacional Colombia & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. Bogotá, Colombia. 441 p.

¹⁹ COLOMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 0192. Op. Cit. P.

²⁰ COLOMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 0213. Por la cual se establece la veda para especies epífitas y parasitas en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones. p. 1-36

²¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE- MADS. Resolución 0801 de 1977. Por la cual se establece veda de manera permanente en todo el territorio nacional al igual que el aprovechamiento, comercialización y movilización de la especie y sus productos. Bogotá: El Ministerio, 1977.

²² INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. IUCN. The Red List of Threatened Species. 2022. Version 2022. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 22 november 2022. [Consultada 10 de mayo de 2023].

- Apéndice III: Incluye especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras partes de las CITES para controlar su comercio.
- Para determinar el grado de amenaza de cualquier especie, los Libros Rojos, la Resolución 0192 de 2014 del MADS y la Lista Roja de la IUCN utilizaron las siguientes categorías:
- En Peligro Crítico (CR): en esta categoría se incluyen las especies que enfrentan un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato.
- En Peligro (EN): esta categoría incluye las especies que no están en “peligro crítico”, pero están enfrentando un muy alto riesgo de extinción en estado silvestre en el futuro cercano.
- Vulnerables (VU): hace referencia a las especies que no están en “peligro crítico” o “en peligro”, pero enfrentan un alto riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo.
- Casi amenazadas (NT): Aunque no se trata de una categoría de amenaza, es una categoría en donde están los taxones que no pueden ser calificados como “dependientes de la conservación”, pero que se aproximan a ser calificados como “vulnerables”.

La lista de especies también fue actualizada de acuerdo con la nomenclatura establecida por la página web WFO The Plant List²³ (<http://www.wfotheplantlist.org/>) y con las colecciones virtuales de los herbarios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas²⁴ y la Universidad Nacional de Colombia²⁵.

En esta fase, se llevaron a cabo varias acciones para la localización y establecimiento de las parcelas de caracterización. Para ello, se utilizaron dos importantes insumos: el mapa de biomas continentales de Colombia y el mapa de coberturas de tipo arbóreo y arbustivo interpretado dentro del área de influencia del proyecto.

El primer paso consistió en realizar un cruce entre el mapa de biomas y el de coberturas para obtener la información sobre los diferentes tipos de ecosistemas presentes en el área de influencia. Con el resultado se identificaron los ecosistemas más representativos y las áreas donde se concentran especies de árboles y arbustos de importancia dentro del área de influencia.

Con base en esa información se seleccionaron los puntos estratégicos para el muestreo de flora y la captura de información necesaria para realizar el análisis. Estos puntos estratégicos se eligieron teniendo en cuenta la representatividad de los biomas y las coberturas de la tierra más importantes, con el objetivo de obtener una muestra adecuada y representativa de la diversidad vegetal del área de intervención.

Cabe destacar que esta selección de puntos estratégicos se realizó considerando factores como la accesibilidad, la heterogeneidad del paisaje y la distribución espacial

²³ THE ROYAL BOTANIC GARDENS AND MISSOURI BOTANICAL GARDENTHE. WFO The plant list. Last version (diciembre 2022) < <http://www.theplantlist.org/>>. [Consultada 10 de mayo de 2023].

²⁴ HERBARIO FORESTAL UDBC. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. < <http://herbario.udistrital.edu.co/herbario>>. [Consultada el 10 de mayo de 2023].

²⁵ HERBARIO NACIONAL COLOMBIANO. Universidad Nacional de Colombia. < <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN>>. [Consultada el 10 de mayo de 2023].

de los ecosistemas. De esta manera, se garantizó una cobertura suficiente de las diferentes unidades de vegetación presentes en el área de influencia del proyecto.

- Grupos de trabajo

Se dispusieron dos equipos de trabajo conformados, cada uno, por un Ingeniero Forestal y dos auxiliares de campo que apoyaron las labores de trazado de parcelas, identificación de especies en campo y medición de fustales.

- Determinación de la muestra

A partir de la definición de las coberturas vegetales de porte arbóreo, se realizó un pre-muestreo por cada cobertura con el fin de determinar el número óptimo de unidades muestréales para cumplir con un error menor al 15% con una probabilidad del 95%. El cálculo del número de parcelas está dado por el coeficiente de variación, el error de muestreo deseado y el uso de la tabla de distribución t Student de dos colas. La relación de estas variables está dada por la fórmula:

$$n = (t_{\alpha/2, g})^2 * (CV\%)^2 (E\%)^2$$

En donde:

t_{α/2, g}: Valor de la tabla t–student con un nivel de significancia α con n–1 grados de libertad.

CV%: Coeficiente de variación asociado a la etapa de pre – muestreo.

E % error de muestreo igual o menor al 15%

Para cada uno de los ecosistemas boscosos identificados, se realizaron como mínimo seis (6) parcelas para garantizar un coeficiente de variación (CV) más estable.

- Error de muestreo

Para la caracterización de los ecosistemas con presencia de individuos de porte arbóreo, se realizó el levantamiento de la información dando cumplimiento con la representatividad estadística por cada unidad de cobertura, definida en los términos de referencia y la guía metodológica para la presentación de estudios ambientales del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, con una probabilidad del 95% y error de muestreo inferior al 15%. En total fueron realizadas 58 parcelas.

Las coberturas inventariadas en las cuales se realizó el cálculo de precisión estadística corresponden a Bosque de galería y/o ripario, Vegetación secundaria alta y baja y Pastos arbolados. 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 2-14 ESTADÍGRAFO PARA EL CÁLCULO DEL ERROR DEL VOLUMEN TOTAL

Estadígrafo	Ecuación	Descripción
Media	$\bar{x} = \frac{\sum Xi}{n}$	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}

Estadígrafo	Ecuación	Descripción
		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
Limites 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: Fuente: HS&E S.A.S., 2024

➤ Fase Campo

La fase de campo se llevó a cabo en dos momentos, entre el 24 de abril y el 5 de mayo de 2023 para la actualización de la caracterización, y del 01 al 10 de abril de 2024, como parte de las actividades necesarias para dar respuesta a los requerimientos de información adicionales requeridos en el Acta de reunión No. 05 del 15 de febrero de 2024, se realizaron las siguientes actividades:

- Validación de los puntos de parcela predefinidos
- Levantamiento de información primaria
- Verificación de coberturas.

Para el levantamiento florístico y estructural se utilizó el método de parcelas de forma rectangular. La dimensión de las parcelas se definió según el tipo de coberturas.

Con el fin de determinar el nombre científico y definir la composición florística en las unidades de cobertura evaluadas, en el desarrollo de las actividades de levantamiento de puntos de control se realizó la determinación de las especies comunes de acuerdo con sus características dendrológicas, no hubo necesidad de tomar muestras botánicas debido al alto grado de alteración del área de intervención.

- Trazado de las parcelas y marcación de individuos

Las parcelas se orientaron con brújula y se georreferenciaron las coordenadas de inicio y fin de cada una de las parcelas con un equipo GPS de precisión mínima de 3 m.

La marcación de las parcelas se realizó con pintura asfáltica amarilla en el individuo fustal número uno el cual se registró el código de identificación, de igual manera se marcaron los individuos inventariados los cuales se enumeraron ascendientemente; en el caso de árboles bifurcados por debajo de la altura de 1,3 m, al número del individuo se le asignó el consecutivo literal de acuerdo con el número de ramas (ver **Fotografía 2-8** y **Fotografía 2-9**).

FOTOGRAFÍA 2-8 DELIMITACIÓN DE PARCELAS



FOTOGRAFÍA 2-9 MARCACIÓN DE FUSTALES



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

La dimensión de las parcelas se ajustó a lo establecido en el permiso de colecta ya citado, contando con las dimensiones relacionadas en la **Tabla 2-15**.

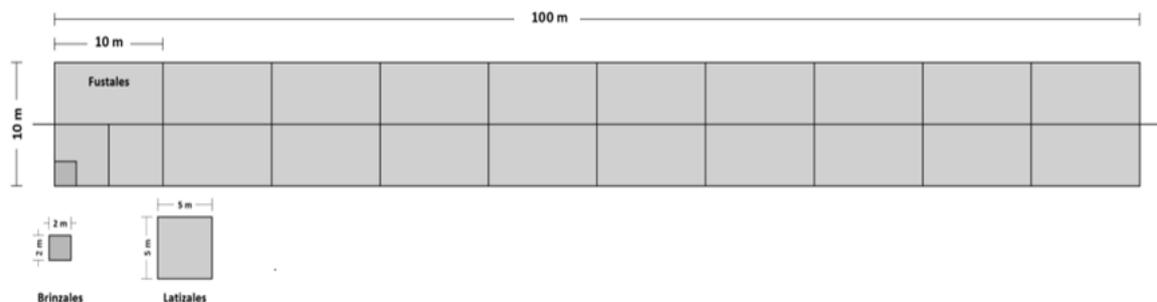
TABLA 2-15 DIMENSIÓN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO

N°	TIPO DE COBERTURA	SÍMBOLO	DIMENSIÓN DE	N. PARCELAS	ÁREA (ha)
1	Bosque de galería y/o ripario	Bgr	100 m * 10 m	14	0,1
2	Vegetación secundaria alta	Vsa	100 m * 10 m	6	0,1
3	Vegetación secundaria baja	Vsb	100 m * 10 m	9	0,1
5	Pastos arbolados	Pa	10 m * 10 m	29	0.01
6	Pastos limpios	Pl	2m * 2m	30	0.0004

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

Cada una de las parcelas fue dividida en subparcelas de 10 m x 10 m. En cada parcela se registró la totalidad de individuos dentro de la categoría de tamaño fustales (DAP > 10 cm). Adicionalmente por cada faja se demarcó, una parcela para el muestreo de latizales (5 m x 5 m) y otra para brinzales (2 m x 2 m) ver **Figura 2-19**.

FIGURA 2-19 ESQUEMA DE PARCELA PARA LA CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

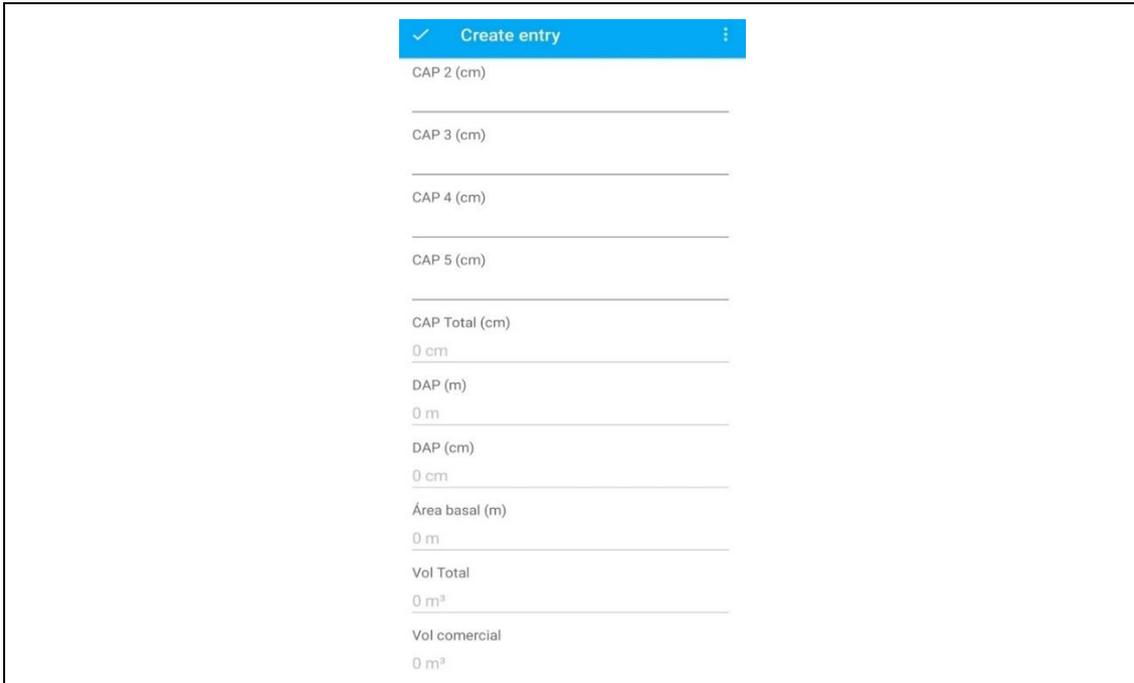
- Captura de información

Para la captura de la información se utilizó el aplicativo Memento en el cual se capturó las siguientes variables para cada uno de los individuos registrados. N°, Fecha, Proyecto, Departamento, Municipio, Vereda, Tipo de cobertura, No de parcela, Coordenadas de Parcela, Fotografías, Altitud (msnm), Número de árbol, Nombre científico, Nombre común, Familia, Descripción botánica, Hábito, Altura Total (m), Altura Comercial (m), CAP 1 (cm), CAP 2 (cm), CAP 3 (cm), CAP 4 (cm), CAP 5 (cm), CAP Total (cm), DAP (m), DAP (cm), Área basal (m), Volumen Total y Volumen, ver **Figura 2-20**.

Esto facilitó el registro de la información y su posterior exportación a Excel para ser ordenada y procesada. Una vez que el trabajo de campo se terminó a diario, la información colectada se respaldó para asegurar la información.

FIGURA 2-20 FORMATO PARA REGISTRO DE INFORMACIÓN FUSTALES

<div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px; display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> ✓ Create entry ⋮ </div> <p>Proyecto Mod Licencia Parque Fotovoltaico</p> <p>Fecha * <input type="text" value="2023/6/8"/></p> <p>Departamento Atlántico</p> <p>Municipio <input type="text"/></p> <p>Vereda <input type="text"/></p> <p>Tipo de cobertura * <input type="text"/></p> <p>Profesional Iniciales-Nombre y Apellido</p> <p>No de parcela * <input type="text"/></p> <p>Coordenada Parcela <input type="text" value="LOCATION"/></p>	<div style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 5px; display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> ✓ Create entry ⋮ </div> <p>Altitud (msnm) <input type="text"/></p> <p>Número de árbol * <input type="text"/></p> <p>Nombre científico * Cf. <input type="text"/></p> <p>Nombre común Cf. <input type="text"/></p> <p>Familia Cf. <input type="text"/></p> <p>Descripción botánica Diligenciar formato físico por muestra</p> <p>Hábito Arbol <input type="text"/></p> <p>Altura Total (m) * <input type="text"/></p> <p>Altura Comercial (m) * <input type="text"/></p> <p>CAP 1 (cm) * <input type="text"/></p>
--	--



The image shows a digital data entry form with a blue header that says 'Create entry'. Below the header, there are several input fields for tree measurements, each with a horizontal line for text entry. The fields are labeled as follows: CAP 2 (cm), CAP 3 (cm), CAP 4 (cm), CAP 5 (cm), CAP Total (cm) with a value of 0 cm, DAP (m) with a value of 0 m, DAP (cm) with a value of 0 cm, Área basal (m) with a value of 0 m, Vol Total with a value of 0 m³, and Vol comercial with a value of 0 m³.

Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

Las siguientes son las variables registradas para los fustales presentes en cada una de las parcelas:

- Subparcela de ubicación del árbol (SP)
- Número de identificación (ID)
- Nombre regional
- Circunferencia a la altura del pecho (CAP)
- Altura total (HT) en metros
- Altura comercial (HC) en metros
- Observaciones generales como uso dado por las comunidades, daños mecánicos, etc.

Para la categoría de latizales (individuos con CAP < 31,4 cm y Ht > 1,5 m) y brinzales (individuos con Ht < 1,5 m) se registraron:

- Nombre regional.
- Cuento del número de individuos por cada morfoespecie.

En la **Figura 2-21** se puede observar el formato utilizado para la captura de la información mencionada anteriormente.

FIGURA 2-21 FORMATO PARA REGISTRO DE INFORMACIÓN REGENERACIÓN NATURAL

<input checked="" type="checkbox"/> Create entry	
Fecha <input type="text" value="2023/6/8"/>	Número de inv/sp
Departamento <input type="text" value="Atlántico"/>	Hábito
Municipio <input type="text"/>	<input type="text"/>
Vereda <input type="text"/>	Descripción botánica <input type="text" value="Digilenciar formato para tal fin"/>
Tipo de cobertura <input type="text"/>	No de muestra <input type="text"/>
Tamaño de regeneración <input type="text"/>	Altura Total (m) <input type="text" value="Brinzales 1m y <= 1,5 m Latizales > 1,50 m y < 3 m"/>
No de Parcela <input type="text"/>	CAP (cm) <input type="text" value="Rangos (Latizales CAP >7.8 cm y <=10 cm)"/>
Nombre científico <input type="text"/>	
Nombre común <input type="text"/>	
Número de inv/sp <input type="text"/>	

Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

➤ **Fase Post Campo (Procesamiento y análisis de la información recopilada)**

En esta etapa se realizó la comparación de las fotografías de las especies (estructuras vegetativas y reproductivas) para confirmar la determinación realizada in situ. Entre los recursos de consulta se encuentran: Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (<http://www.biovirtual.unal.edu.co>), del Smithsonian Tropical Research Institute (<http://biogeodb.stri.si.edu/herbarium/>), del Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org>) y del Herbario Forestal de la Universidad Distrital (<http://herbario.udistrital.edu.co/herbario/>).

La información colectada en las parcelas de muestreo fue procesada para estimar los siguientes parámetros por ecosistema boscosos muestreado en el área de intervención.

- Estructura horizontal
 - Índice de valor de importancia (IVI)

De acuerdo con Lozada²⁶, el Índice de Valor de Importancia fue creado por Curtis y McIntosh, bajo la premisa de que “la variación en la composición florística es una de las características más importantes que deben ser determinadas en el estudio de una vegetación”. El Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador de la importancia fitosociológica de una especie, dentro de una comunidad, se calcula mediante la siguiente ecuación:

²⁶ LOZADA DÁVILA, J. R., Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. En: Revista Forestal Venezolana, Año XLIV, Volumen 54(1) enero -junio, 2010, pp. 77-88

$$IVI = Ar + Af + Dr$$

Dónde:

Ar = abundancia relativa

Fr = frecuencia relativa

Dr = dominancia relativa

Lozada²⁷ indica que el IVI es uno de los índices más utilizados en el análisis de ecosistemas forestales tropicales y puede ser aplicado para clasificar u ordenar comunidades vegetales, pero no es frecuente su empleo con estos fines. Su principal ventaja es que es cuantitativo y preciso; no se presta a interpretaciones subjetivas. Además, suministra una gran cantidad de información en un tiempo relativamente corto. Soporta análisis estadísticos y es exigente en el conocimiento de la flora. El método no sólo proporciona un índice de importancia de cada especie, también aporta elementos cuantitativos fundamentales en el análisis ecológico, como la densidad y la biomasa (por especie y por parcela). Este último, es un carácter básico para interpretar la productividad de un sitio, lo cual depende en gran medida del bioclima y de los recursos edáficos.

✓ Abundancia

Es el número de árboles por especie registrados en cada punto de control, se detalla a nivel de abundancia absoluta y relativa.

- Abundancia absoluta

Es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de árboles, para el cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$Aa = \text{número de individuos por especie}$$

- Abundancia relativa

Es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de árboles, para el cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$Ar = \frac{Ai}{At} * 100$$

Dónde:

Ai = número de individuos por especie

At = número total de individuos en las parcelas de muestreo establecidos

✓ Frecuencia

Se relaciona con la presencia o ausencia de una especie en cada una de las parcelas de caracterización.

- Frecuencia absoluta

Está relacionada con la probabilidad de encontrar dicho atributo en una unidad muestral particular (en nuestro caso: parcelas de caracterización). Se expresa como el porcentaje

²⁷ LOZADA DÁVILA, J. R., Ibid., p. 79.

del número de parcelas de caracterización en las que el atributo aparece en relación con el número total de estos. De tal forma se tiene la siguiente fórmula:

$$Fa = \frac{n}{N} * 100$$

Dónde:

n = número de parcelas de caracterización en que ocurre una especie

N = número total de parcelas de caracterización

- Frecuencia relativa

Es la relación porcentual de la frecuencia absoluta de una especie entre la sumatoria total de las frecuencias absolutas de todas las especies registradas en el inventario. Para el cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Fr = \frac{Fa}{\sum Fa} * 100$$

✓ Dominancia

También denominada grado de cobertura de las especies o expansión horizontal, es la expresión del espacio ocupado por ellas, la dominancia puede ser absoluta y relativa.

- Dominancia absoluta

Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo o también la sumatoria de las áreas basales de la misma especie presente dentro de cada punto de control, la cual se expresa en metros cuadrados.

$$Da = \sum Gi$$

Dónde:

$$Gi = \pi/4 Di^2$$

Di²= diámetro al cuadrado

- Dominancia relativa

La dominancia relativa está dada por la relación entre el área basal de una especie y la sumatoria total de las dominancias absolutas de todas las especies registradas en el inventario, se calcula con la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{Gi}{Gt} * 100$$

Dónde:

Gt = área basal total del muestreo, en metros cuadrados

Cociente de mezcla (CM)

Según Lamprecht²⁸, el cociente de mezcla relaciona el número de especies con el número total de individuos fustales que se encuentran en un determinado tipo de

²⁸ Ibid., 335 p.

vegetación. De acuerdo con Roa²⁹, los valores de Cociente de mezcla en los bosques tropicales generalmente oscilan entre los índices 1/3 y 1/11, que a su vez permiten asignar valores entre 0,3 y 0,09, tal como se aprecia en la **Tabla 2-16**.

TABLA 2-16 CLASIFICACIÓN DEL COEFICIENTE DE MEZCLA (CM)

ÍNDICE / VALOR	CARACTERÍSTICA
1/3 = 0,3	Alto grado de heterogeneidad
1/4 = 0,25	Alto grado de heterogeneidad
1/5 = 0,2	Heterogéneos
1/6 = 0,17	Medianamente heterogéneos
1/7 = 0,14	Medianamente heterogéneos
1/9 = 0,11	Tendiente a la homogeneidad

Fuente: Ajustado de Roa. 2000.

- Estructura vertical

Según Machuca³⁰, una de las particularidades de los bosques tropicales es la diversidad de especies, tamaños y los complejos patrones de distribución de las especies en capas o estratos entre el suelo y el dosel (posición fitosociológica), un factor que influye aún más en este sentido es la intervención antrópica del ecosistema boscoso, que da como resultado una gran variabilidad en el número de individuos de una determinada especie que se ubican en cualquier estrato dentro del bosque.

Para realizar el análisis de la estructura vertical se estratificaron los individuos de las parcelas de muestreo de cada cobertura teniendo en cuenta la variable altura total (HT), fijando rangos altitudinales de acuerdo con la fórmula de Sturges. La información de distribución de número de individuos por estratos permitió realizar un análisis básico del comportamiento la estructura vertical de la vegetación.

- Biomasa

Se realizará la estimación de la biomasa para cada una de las especies identificadas en la caracterización de flora, expresada en kilogramos (kg), utilizando las ecuaciones alométricas propuestas por Álvarez et al. Las ecuaciones se asignarán teniendo en cuenta el tipo de bosque natural en el cual se ubique la parcela en donde se realiza la caracterización de flora. Una vez calculada la biomasa de los individuos, se obtendrá la biomasa aérea total de cada una de las especies³¹.

- Índice de Regeneración Natural

Según Cantillo (2001) y Acosta et al (2006) la regeneración se evalúa con el índice de regeneración natural relativa, que determina la importancia de una especie según su presencia en las diferentes categorías de tamaño del sotobosque.

Si una especie está presente en todas las categorías, tendrá asegurado su lugar en la estructura y composición florística. Se obtienen valores numéricos por especie en cada categoría para ver la regularidad de la abundancia de individuos entre las diferentes

²⁹ ROA, Herwin. Módulo de Silvicultura II, Universidad Industrial de Santander – UIS. Editorial UIS. Málaga, Santander. 2000.

³⁰ MACHUCA G., Dora Angélica. Módulo de Ecología Forestal. Universidad Industrial de Santander, Sede Málaga. 2000.

³¹ Phillips J.F., Duque A.J., Cabrera K.R., Yepes A.P., Navarrete D.A., García M.C., Álvarez E., Cabrera E., Cárdenas D., Galindo G., Ordóñez M.F., Rodríguez M.L., Vargas D.M. 2011. Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 32 pp

categorías. La propuesta metodológica es definir los intervalos de las 3 categorías de tamaño y así, determinar la abundancia de cada especie en cada una de ellas.

Posteriormente se define la abundancia relativa por categoría y se divide este valor en 10, encontrando un valor entero entre 1 y 10 que definirá la importancia de cada categoría. La sumatoria de estos valores ($X=CT1$, $Y=CT2$, $Z=CT3$) debe ser igual a 10 ($X+Y+Z=10$). Con ello se determina la posición sociológica absoluta de manera que los valores de abundancia para cada especie son relacionados a cada categoría con su valor de importancia respectivo:

Posición absoluta de la especie $i = (E_s \times X) + (E_{in} \times Y) + (E_{ar} \times Z)$, donde

E_s = Número de individuos de la especie i en la CT1

E_{in} = Número de individuos de la especie i en la CT2

E_{ar} = Número de individuos de la especie i en la CT3

De acuerdo con la formula 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 . En la Tabla 1-105, se han definido las categorías de tamaño de acuerdo a la clasificación del Ministerio de Ambiente en el 2000 para efectos del muestreo.

- Cálculo del volumen de madera

El volumen total para los individuos se calcula a partir del área basal, la altura y un factor mórfico de 0.6. En la ecuación utilizada se asimila el árbol a un cono medido a una cierta altura (aproximadamente 1.30 cm para la toma del DAP).

$$V = 0,7854 \times (D)^2 \times HT \times FM$$

Dónde:

0,7854: Constante

D: Diámetro en metros.

HT: Altura total en metros

FM: Factor Mórfico (0.6)

En cuanto al volumen comercial la ecuación utilizada es igual a la anterior solo que se reemplaza la altura total por la altura comercial:

$$V = 0,7854 \times (D)^2 \times HC \times FM$$

Dónde:

0,7854: Constante

D: Diámetro en metros del árbol medido a 1.30 m de altura.

HC: Altura comercial en metros

FM: Factor Mórfico (0.6)

- Identificación de especies endémicas, en veda, en categorías de amenaza o de importancia ecológica, económica y cultural

Para la identificación de especies amenazadas se realizó una verificación de la composición florística de las coberturas de la tierra del área de estudio del proyecto, con los listados contenidos en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre y Flora Silvestres (CITES septiembre de 2012), la resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la colección de Libros rojos de plantas fanerógamas de Colombia del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Adicionalmente, fueron consultada las determinantes ambientales y demás actos administrativos emitidos por la Corporación Autónoma Regional. Las categorías se presentan por convención internacional a manera de código, en donde las dos primeras letras (abreviado del inglés) indican la categoría, como se muestra en la siguiente tabla, de acuerdo con la clasificación de la UICN.

TABLA 2-17 CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN UTILIZADAS POR LA UICN EN SUS LISTAS ROJAS

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Extinto (EX)	Un taxón está Extinto cuando no queda duda de que el último individuo ha muerto. Esto es comprobable cuando por prospecciones exhaustivas de hábitats conocidos y/o esperados en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales) y a lo largo del área de distribución histórica, no ha sido posible detectar un solo individuo.
Extinto en estado silvestre (EW)	Un taxón está Extinto en estado silvestre cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Luego de realizar exploraciones de hábitats conocidos y/o esperados en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo del área de distribución histórica, no ha sido posible detectar un solo individuo.
En Peligro Crítico (CR)	Un taxón se encuentra En peligro crítico cuando sus poblaciones han presentado una caída significativa alcanzando casi el 90% de pérdida de especies en los últimos 10 años. Se considera que se está enfrentando a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.
En peligro (EN)	Si un taxón está En peligro significa que la mejor evidencia disponible demuestra que está siendo afectado el tamaño de su población estimada, inferida o sospechada en más del 70% en los últimos 10 años. Adicionalmente, si el análisis cuantitativo muestra que la probabilidad de extinción en estado de vida silvestre es de al menos un 20% dentro de 20 años, se considera que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
Vulnerable (VU)	Un taxón se encuentra en categoría Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que la población ha experimentado una reducción mayor o igual al 50% en los últimos 10 años y que luego de realizar el análisis cuantitativo la probabilidad de extinción es de al menos 10% durante los próximos 100 años. Si se cumple lo anterior se considera que se está enfrentando a un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
Casi amenazado (NT)	Un taxón está en la categoría de Casi amenazado, cuando ha sido evaluado según los criterios de la UICN y no satisface actualmente aquellos para ser catalogado como En peligro crítico, En peligro o Vulnerable, pero está cercano a satisfacerlos en un futuro cercano.
Preocupación menor (LC)	Se considera que un taxón está en la categoría de Preocupación menor cuando habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías En peligro crítico (CR), Vulnerable (VU), En peligro (EN)* o Casi amenazado (NT). Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.
Datos insuficientes (DD)	Un taxón pertenece a la categoría Datos insuficientes cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación directa o indirecta de su riesgo de extinción, con base en la distribución y/o el estado de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado y su biología ser bien conocida, pero carecer de datos

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
No evaluado (NE)	apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos insuficientes no es por tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren que una clasificación de amenaza pudiera ser apropiada.
	Un taxón se considera No evaluado cuando todavía no ha sido clasificado en relación con estos criterios.

Fuente: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). <http://www.iucn.org>

2.3.3.2.2 Análisis de fragmentación

La fragmentación de los paisajes naturales debe entenderse como el proceso en que extensas áreas de vegetación forestal reducen su superficie al dividirse en varias manchas más pequeñas por la acción de un agente externo. En estos casos, si bien existen factores naturales que contribuyen a la fragmentación, la causa fundamental de la creciente disgregación de los ecosistemas es la presión antrópica (Baeza, S, 2010)³².

Un ecosistema fragmentado puede ser descrito por atributos tales como número de fragmentos, tamaño, forma, grado de aislamiento de los fragmentos y el tipo de matriz que rodea a los fragmentos, la cual determina los efectos (conocido como efecto borde) sobre los componentes bióticos y abióticos de cada fragmento, principalmente en su perímetro. Cada uno de estos atributos interactúa de manera distinta dependiendo de su condición, es decir, fragmentos pequeños tienen una relación perímetro/área mayor que fragmentos grandes, lo cual significa una mayor influencia de la matriz circundante; el efecto borde puede llegar a ser importante si los fragmentos son alargados o de formas irregulares por la mayor relación perímetro/ área; una matriz con estructura similar a la del fragmento tendrá una influencia menor que una matriz con estructura muy diferente, dada la sensibilidad al efecto borde.

El análisis busca determinar los efectos de la fragmentación a nivel estructural y funcional. El análisis estructural del paisaje se realiza mediante la evaluación de la disposición espacial de los elementos y su continuidad en el espacio; y a nivel funcional, adicionalmente involucra las dinámicas ecológicas y las preferencias de hábitats de las especies, especialmente de aquellas que puedan resultar más vulnerables a los efectos de la fragmentación. Es necesario entonces definir una unidad mínima de análisis que permita cuantificar los efectos de la fragmentación.

Para establecer los efectos de la fragmentación en el paisaje se tomó como unidad mínima de análisis la cobertura vegetal, la cual es el resultado de la asociación espacio temporal de los elementos biológicos vegetales característicos, los cuales forman unidades estructurales y funcionales proyectándose en dos escenarios, uno donde no se haya establecido el proyecto y otro con el proyecto establecido. El uso de la cobertura de la tierra se refiere a la utilización de recursos naturales, y a la transformación en el paisaje, que generalmente se da a través de la alteración y transformación de las coberturas vegetales y a cuya consecuencia ocurren cambios en otros componentes del ecosistema, como procesos hidrológicos, geomorfológicos, climáticos (micro y macro) y fauna (Etter, 1991)³³.

³² Baeza, S. (2010) Ecología del Paisaje. Diseño de Paisaje Facultad de Agronomía. Universidad de la Republica.

³³ Etter A. (1991). Ecología del paisaje. Un Marco de Integración para los Levantamientos Ecológicos. Bogotá.

De acuerdo con Aguilera, 2010³⁴, la información que aportan estas métricas consiste únicamente en un conjunto de valores numéricos (una parte de ellos con un rango de variación definido), que por sí solos, es decir, en términos absolutos, no tienen un valor determinante. Sin embargo, desde el punto de vista comparativo, los resultados de dichos índices pueden aportar una información muy valiosa acerca de la evolución y cambios que tienen lugar en un paisaje determinado.

Estos indicadores integran medidas estadísticas, que permiten el análisis de la estructura y composición de un paisaje. Sumado a lo anterior, se incluyeron 2 métricas de diversidad (ver Tabla 2-18)

TABLA 2-18 DESCRIPCIÓN DE MÉTRICAS DE PAISAJE QUE DESCRIBEN LA FRAGMENTACIÓN

ESCALA	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Métricas de parche	ENN	Distance Euclidian to Nearest Neighbour	Distancia euclidiana al vecino más cercano
Métricas de clase	CA	Total Área (ha)	Área total (ha)
	NP	Number of Patches	Número de parches
	ED	Edge Density	Densidad de borde
	SHAPE	Shape Index	Índice de forma
	FRAC	Fractal Dimensión Index	Índice de dimensión fractal
Métricas de diversidad	SHD	Shannon's Diversity Index	Índice de diversidad de Shannon
	SHEI	Shannon's Evenness Index	Índice de diversidad de Shannon Uniforme

Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2024

Así mismo, para determinar y cuantificar los cambios en las coberturas de la tierra en el área de influencia del proyecto, se procedió mediante la interpretación de un mosaico de imágenes WorldView la elaboración del mapa de cobertura de la tierra a escala 1:10.000, en el cual de manera integral y sintética se presenta la información referente a las unidades de cobertura de la tierra conforme a la metodología Corine LandCover para Colombia (CLCC) y la leyenda estructurada conforme a los lineamientos de IDEAM, 2.010. Esta metodología tiene como base la interpretación visual de imágenes de satélite, teniendo en cuenta los elementos pictórico-morfológicos de las imágenes digitales de sensores remotos.

³⁴Aguilera, F (2010) Aplicación de las Métricas de ecología para el análisis de patrones de ocupación urbano en el Área Metropolitana de Granada. Universidad de Granada.

➤ Obtención de métricas a nivel de parche, clase y paisaje

Las métricas del paisaje se obtuvieron con el software especializado en el análisis de la ecología del paisaje V-late (Versión 2.0) para ambos escenarios (sin proyecto y con proyecto), el cual corresponde a una extensión de ArcGis. Dicho software procesa y arroja datos con relación al área, número de fragmentos, entre otros, a nivel de clase de cobertura y paisaje. Cabe mencionar que, los resultados arrojados por las métricas del paisaje fueron presentados en metros cuadrados (m²), sin embargo, para mantener una homogeneidad en las unidades de medida dentro del documento, estos resultados se transformaron en hectáreas (ha). A continuación, se relacionan las métricas a estudiar en el presente documento. Para el caso de Áreas Core se realiza por medio del programa SAGA en su versión 9.1.1.

- Obtención de métricas a nivel de parche
 - Distancia euclidina al vecino mas cercano (ENN)

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 índice de distancia euclidiana describe el comportamiento de los fragmentos en función de la conectividad, basado en la distancia entre parches de la misma clase. Es decir, mide en unidades de distancia (de 0 metros en adelante), la cercanía entre bordes de cada parche de la misma clase. Este parámetro permite identificar las restricciones o facilidades de movilidad que tienen los organismos en el paisaje, lo que determina la persistencia regional de las poblaciones.

Se consideró que el tipo de parche de interés se encuentra en una matriz que agrupa a los restantes tipos de parches; esto es, se construye un mapa binario de tipo focal por un lado y otros tipos por otro. La distancia al vecino más cercano se define como la distancia más corta lineal recta entre el parche focal y su vecino más cercano de igual categoría. La medición se hace de borde a borde entre los puntos centrales de cada borde y se utiliza la regla ortogonales y diagonales (8 vecinos).

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)³⁵. La distancia estructural más corta puede no ser la distancia ecológica más corta y, de

³⁵ Buzai, G. (2004). Memorias del primer seminario argentino de geografía cuantitativa. GEPAMA, Publicación Especial de Fronteras ISSN 1667-3999.

hecho, tiene valores diferentes para diferentes organismos (Matteucci, 2003)³⁶. 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.

- Métricas a nivel de clase

Para la identificación de índices de fragmentación, se escogió el nivel de clase, el cual hace referencia al grupo de coberturas naturales que contienen un grupo de fragmentos cada una. Dentro de cada clase, se analizaron tres (3) categorías que comprenden las métricas de área y borde, de forma y de diversidad. Estos indicadores integran medidas estadísticas, que permiten el análisis de la estructura y composición de un paisaje.

- Área clase

El área de la clase es una medida analizada en hectáreas de las coberturas vegetales naturales y seminaturales. Este cálculo se realizó a partir de la sumatoria de extensión de cada uno de las de las coberturas vegetales naturales y seminaturales presentes en el área de influencia del proyecto.

$$TCA = \sum_{j=1}^a a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

Dónde:

a_{ij} = 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, 1995³⁷ 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.

Por otra parte, el grado de fragmentación de una cobertura hace más vulnerable a las poblaciones de fauna, incluidas, por ejemplo, las poblaciones de felinos, primates, anfibios y reptiles siendo el tamaño de los parches el atributo espacial con mayor efecto sobre las especies. Varios estudios han demostrado que la extinción local de especies es mayor en los parches más pequeños y la reducción del tamaño de los parches impulsa la explotación de recursos forestales provocando cambios en la composición y

³⁶ Matteucci, D. (2003). El paisaje visto por un ecólogo. Contextos, revista de la facultad de arquitectura, diseño y urbanismo de la Universidad de Buenos Aires., No. 12. P. 68 - 73.

³⁷ McGarigal, K. and Marks, B.J. (1995) FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service General Technical Report PNW-351, Corvallis.

estructura de la vegetación (Arroyo-Rodríguez, 2007; Fischer & Lindenmayer, 2007)^{38,39}. Sin embargo, por la rápida tasa de desaparición del bosque húmedo tropical, las quemadas frecuentes y la caza, se pueden presentar poblaciones particularmente vulnerables a largo plazo.

- Numero de parches (NP)

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)⁴⁰.

$$NP = n_1$$

NP= 1 cuando el área analizada contiene sólo un parche del tipo cobertura vegetal natural o seminatural considerada. n_1 = Es igual al número de parches del tipo de cobertura vegetal natural o seminatural considerada. Intervalo: $NP \geq 1$.

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)⁴¹, 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.

El número de fragmentos de una clase determinada se calcula sumando el número de fragmentos en que está dividido un ecosistema en un área de interés. El indicador es 1 cuando el ecosistema o la clase determinada en un tiempo determinado no están fragmentado y aumenta a medida que el ecosistema se fragmenta (Humboldt., 2003).

El valor neto de esta métrica indica la cantidad de parches que posee una determinada clase dentro del área objeto del análisis. Uno de los indicadores más concluyentes respecto a la fragmentación de los bosques es el número de parches. Una alta fragmentación en unidades poco significativas minimiza ampliamente el potencial de establecer programas de restauración ecológica, porque los componentes primarios de cada parche es posible que desaparecieran si han permanecido aislados por un largo periodo. La funcionalidad de los fragmentos está estrictamente relacionada con su

³⁸ Arroyo-Rodríguez, V., & Mandujano, S. (2007). Ch. 7: Efectos de la fragmentación sobre la composición y la estructura de un bosque tropical lluvioso mexicano. In C. A. Harvey, & J. C. Sáenz (Eds.), Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica (pp. 179-196). Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).

³⁹ Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16(3), 265–280. doi:10.1111/j.1466-8238.2007.00287.x

⁴⁰ Badii, M H; Landeros, J. (2006). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 26-38.

⁴¹ McGarigal, K. and Marks, B.J. (1995) FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service General Technical Report PNW-351, Corvallis.

tamaño y su forma y un sistema natural que ha perdido su área presenta problemas derivados de la deforestación.

- Densidad de borde (ED)

El borde o ecotono se define como la zona de transición entre hábitats adyacentes, es decir la relación que existe entre la matriz y el parche. Por lo tanto, se tomaron como la zona límite que bordea y mantiene en regulación el intercambio de materia y energía entre los bordes pertenecientes para cada clase de ecosistema existente en el paisaje (Vallejo, 2018)⁴².

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.

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (10,000)$$

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.

- 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.

- Índice de 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 fórmula con la que se obtiene el resultado de esta métrica.

⁴² Vallejo, D. (2018). Efecto de borde y fragmentación: principales causas de la extinción de especies.

$$\text{FRAC} = \frac{2 \ln (.25 p_{ij})}{\ln a_{ij}}$$

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 (Mc Garigal & Marks, 1995; François & Correa, 2000)^{43,44}.

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).

- Métricas de diversidad

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 diversidad de Shannon (SHDI)

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)⁴⁵.

- Índice de equitatividad de Shannon uniforme (SHEI).

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 teslas 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)⁴⁶.

- Contexto paisajístico

El análisis de la conectividad ecológica se genera con base la información consignada en la Metodología general de estudios ambientales (2010), donde el contexto paisajístico se refiere a la conectividad del fragmento del ecosistema natural estudiado con otros fragmentos de la misma o diferente clase. Para su valoración y espacialización

⁴³ McGarigal, K. and Marks, B.J. (1995) FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service General Technical Report PNW-351, Corvallis.

⁴⁴ Jean-François, & Correa Sandoval, Jorge. (2000). Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida "Los Petenes", Campeche, México. *Investigaciones geográficas*, (43), 42-59.

⁴⁵ Badii, M H; Landeros, J. (2006). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 26-38.

⁴⁶ Badii, M H; Landeros, J. (2006). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 26-38.

se empleó un buffer de búsqueda de 500 metros en la periferia de cada fragmento tomando como referencia el área de influencia 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 2-19 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: GREEN WORLD ESD (2023).

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.

$$CP = \left(\frac{AN}{ATF} \right)$$

Dónde:

AN: Área natural dentro de la franja

ATF: Área total de la franja.

Para evaluar la fragmentación de los ecosistemas naturales en el área de estudio, 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. Esta definición hace referencia al contexto paisajístico definido anteriormente, por lo que se retoma esta información y con referencia a una franja de 500 metros alrededor de los fragmentos naturales, se determinó geográficamente la fragmentación del área de estudio. El concepto de conectividad ecológica es complementario al de fragmentación ecológica, a mayor fragmentación menor conectividad.

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 2-19, 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.

- Áreas núcleo en la estructura del paisaje

Las áreas núcleo permitan 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)⁴⁷. 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 (Franklin y Forman. 1987)⁴⁸.

El Análisis de áreas núcleo se efectúa por parte del método introducido por Riitters et al., 2000⁴⁹, e implementado por el Sistema Automatizado para el Análisis Geocientífico (System for Automated Geoscientific Analyses SAGA), con un tamaño de celda de 5.

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 2-22, se identifican 6 categorías de fragmentación.

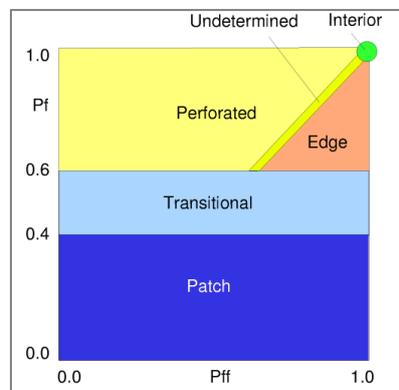


FIGURA 2-22 CATEGORÍAS DE FRAGMENTACIÓN.

Fuente: Riitters et al., 2000

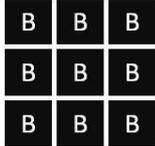
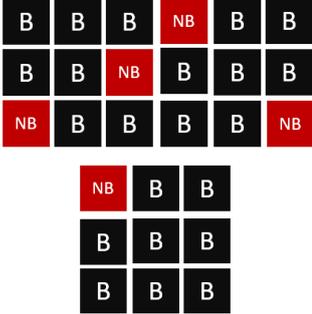
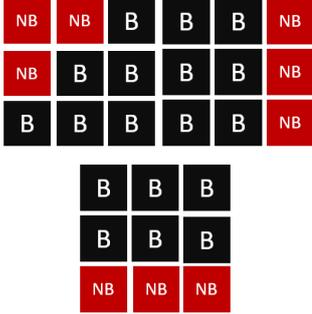
⁴⁷ FORMAN, Richard T.T. (1995). Land Mosaic: The ecology of landscapes and regions. Nueva York: Cambridge University Press.

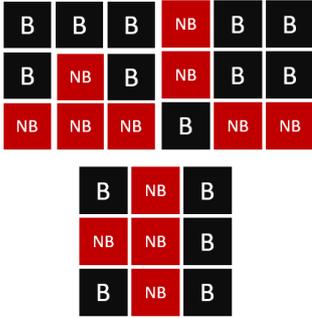
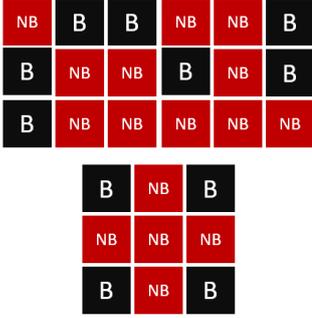
⁴⁸ Franklin, J. y R. Forman, 1987. Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles. Landscape Ecology 1: 5-18.

⁴⁹ Riitters, K., J. Wickham, R. O'Neill, B. Jones, and E. Smith. (2000). Global-scale patterns of forest fragmentation. Conservation Ecology

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 Figura 2-22 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 (ver Tabla 2-18). Las coberturas empleadas para el presente análisis correspondieron a Bosques de galería, Bosque denso bajo de tierra firme y Vegetación secundaria alta y vegetación secundaria baja.

TABLA 2-20 CATEGORÍAS RESULTANTES ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN

CATEGORÍA DE FRAGMENTACIÓN	PATRÓN DE LA VENTANA DE ANÁLISIS	DESCRIPCIÓN
Núcleo		<p>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.</p>
Interior		
Perforado		<p>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 continuas.</p>
Borde		<p>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).</p>

CATEGORÍA DE FRAGMENTACIÓN	PATRÓN DE LA VENTANA DE ANÁLISIS	DESCRIPCIÓN
Transicional		<p>Aproximadamente la mitad de los píxeles 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 píxeles 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.</p>
Parche		<p>La ventana de análisis tiene una mayor densidad de píxeles de NO BOSQUE, siendo menor la presencia de píxeles con bosque, los cuales son susceptibles al cambio en el corto plazo, pues además de tener una baja conectividad (Pff), se encuentran rodeados de píxeles transformados.</p>
Ninguno		<p>Los píxeles 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.</p>

Fuente: Riitters et al., 2000, adaptado por GEOESTUDIOS, 2024

➤ Análisis de conectividad

El componente estructural lo determina la conexión espacial de diferentes tipos de hábitat en el paisaje y el funcional se refiere a la respuesta en la conducta de los individuos y especies ante la estructura física del paisaje, en este último influyen los requisitos de hábitat de la especie, la tolerancia a hábitats alterados y la fase de vida. En este sentido, las especies, aunque vivan en el mismo hábitat tienen respuestas comportamentales diferentes y por lo tanto experimentan niveles distintos de

conectividad (Bennett, 2004)⁵⁰. Por ello, a partir de los datos que se colectaron en la fase de campo del componente fauna, se seleccionó dos especies contrastantes que se encontrarán en alguna categoría de amenaza y que fueran de interés de conservación, en este sentido, se tomaron a *Cerdocyon thous* y *Alouatta seniculus*. Estas permitieron observar la importancia de los parches y el nivel de conectividad del área de acuerdo a sus nichos ecológicos particulares.

Una vez identificadas las especies a modelar, se procedió a sacar el parche de hábitat para cada una, esto teniendo en cuenta los reportes tenidos en campo, además de una búsqueda bibliográfica extensiva, donde fue posible identificar las coberturas donde pueden estos habitar. Una vez con este insumo, se procedió a sacar los nodos y distancias para estos parches por medio de la herramienta coneфор.

Finalmente, se procedió a ha realizar el análisis mediante el software Coneфор actualmente disponible en su versión 2.6 (<http://www.coneфор.org>), este es un programa informático de uso sencillo que permite cuantificar la contribución de cada tesela de hábitat (polígonos vectoriales) al mantenimiento o posible mejora de la conectividad ecológica (Saura & Torné, 2009).

Coneфор 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 la cual fue sacada a través del homerange (previamente consultado con bibliografía pertinente), 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 Saura y Pascual-Hortal en el 2007:

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i \cdot a_j \cdot p_{ij}^*}{A_L^2}$$

A nivel de conectividad se calculó el delta de probabilidad de conectividad (dPC) automatizado en Coneфор Sensinoide 2.6, donde Saura y Rubio (2010)⁵¹ 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.

⁵⁰ Bennet., G. (2004). Integrating Biodiversity Conservation and Sustainable Use. IUCN

⁵¹Saura, S., & Rubio, L. (2010). A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography*. doi:10.1111/j.1600-0587.2009.05760.x

- 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. Se resalta que este análisis se realizará tanto para el área de influencia del proyecto, así como a un contexto regional, esto con el objetivo se contrastar los resultados y no sesgarlos a un área reducida.
 - Es importante destacar que el análisis de conectividad se llevó a cabo exclusivamente en el contexto del proyecto, considerando dos ámbitos: uno local, que abarcó el área de influencia físico-biótica, y otro regional, en la subzona hidrográfica Canal del Dique margen derecho. Esta elección se fundamentó en el solapamiento del proyecto con dicha área, justificando así la limitación del análisis a estos dos contextos específicos.
- **Rutas de menor costo**

La movilidad se refiere al acceso que tienen las diversas especies a sus hábitats y a los recursos necesarios para llevar a cabo sus ciclos de vida. Además, implica la capacidad de movimiento, especialmente frente a cambios repentinos en los factores ecológicos (Primack et al., 1998; Kappelle et al., 1999 citados en Arias, E. 2008)^{52.53}

Los desplazamientos de organismos entre diferentes elementos del paisaje pueden tener diversas razones, como movimientos locales relacionados con su actividad diaria, desplazamientos de dispersión más amplios vinculados a los ciclos reproductivos, o movimientos migratorios (Forman, R., 1995)⁵⁴.

El concepto de costo de viaje se refiere a las restricciones que la matriz del paisaje impone al desplazamiento de los organismos (Zuluaga, Vásquez y Mazo, 2017)⁵⁵. Para determinar las rutas de menor costo, se llevó a cabo una revisión de la lista de especies registradas durante la fase de campo y reportadas en el área de influencia. Posteriormente, se seleccionaron dos especies con información disponible sobre movilidad, hábitat y rangos de distribución, contribuyendo así al análisis territorial y que presentaran algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad.

Basándonos en la información recopilada en el área durante la fase de campo, se seleccionó una especie, que debido a sus características distributivas y requerimientos ecológicos, permitieron identificar parches y áreas cruciales para el tránsito de las especies dentro del territorio.

⁵² Kappelle, M. & Baas, P. (1999). Effects of climate change on biodiversity: A review and identification of key research issues. *Biodiversity and Conservation*, 8(10), 1383–1397.

⁵³ Arias, E.; Chacon, E.; Herrera, B.; Induni, G.; Acevedo, H.; Coto, M. & Barborak, J. R. (2008). Las redes de conectividad como base para la planificación de la conservación de la biodiversidad: propuesta para Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* Número 54, páginas 37-43

⁵⁴ FORMAN, Richard T.T. (1995). *Land Mosaic: The ecology of landscapes and regions*. Nueva York: Cambridge University Press

⁵⁵ Zuluaga, G. J., Vásquez, J. L., & Mazo, I. N. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 379-393.

- Matriz de resistencia

El concepto de costo de viaje se refiere a las restricciones que la matriz del paisaje impone al movimiento de los organismos, según lo señalado por Zuluaga, Vásquez y Mazo (2017)⁵⁶. En este contexto, la variable del medio biótico relacionada con las coberturas del suelo adquiere una importancia significativa debido a su relevancia para la movilidad de las especies en el interior del territorio. El análisis detallado de estas coberturas se considera fundamental para definir las condiciones de conectividad en el área de influencia del estudio impacto ambiental - modificación de licencia no. 1 del proyecto “atlántico fotovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 KV”.

La evaluación del costo de viaje se llevó a cabo mediante usando la distancia costo-ponderación para la adyacencia de la red y establecimos el número de vecinos más cercanos conectados, que es lo máximo que permitirá el modelo y muestra todos los vínculos potenciales entre las áreas de fuentes. Para generar resistencia se utilizó Gnarly Landscape Utilities (The Nature Conservancy, Fort Collins, CO, USA <http://www.circuitscape.org/gnarly-landscape-utilities>) y la metodología desarrollada por McRae, Shirk, & Platt (2013) para generar la capa de resistencia, que son capas creadas para mostrar el costo o la barrera entre dos puntos de interés. Se usaron los valores predeterminados del modelo, con la excepción del método de cálculo de resistencia, que utilizó la opción de suma para mostrar los efectos acumulativos de todas las capas de resistencia. Esto se hizo porque es una medida más apropiada de conectividad entre ubicaciones, ya que tiene en cuenta la distancia recorrida y el costo recorrido (Etherington & Holland, 2013). Las capas de resistencia ayudan a determinar el camino de menor costo o fricción (y mayor prioridad) entre dos fuentes, en este caso en particular, entre áreas boscosas. A partir de esto, se generaron capas de resistencia para las coberturas y pendiente.

- Ruta de menor costo

Una vez elaborada la capa de resistencia, se utilizó la extensión del Art tool box de ArcMap Linkage Mapper Toolkit de la cual permite generar el mapeo de corredores de hábitats de vida silvestre, bajo el método de distancia euclidiano y/o ponderado por costos, uniendo las áreas núcleo previamente identificadas para las coberturas bosque e galería y vegetación secundaria alta.

2.3.3.2.3 Flora Epífita

Para efectuar las actividades de caracterización de vegetación epífita, rupícola y o terrestres entre las que se encuentran los grupos de Orquídeas, Bromelias, Briofitos (Hepáticas, Musgos y Anthoceros), Líquenes, presentes en el área de intervención del presente proyecto se efectuaron en tres fases: la primera de ellas se denominó fase de “pre – campo”, seguida por la “fase de campo” y por último la fase de “post – campo”. A continuación, se describe cada una de las fases implementadas y la metodología a desarrollar en cada etapa, para la adecuada caracterización de las especies registradas dentro del área de intervención.

➤ Fase Pre- campo

⁵⁶ Zuluaga, G. J., Vásquez, J. L., & Mazo, I. N. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 379-393.

Se procedió a realizar la respectiva revisión de las especies registradas en estudios previos efectuados en el área del proyecto “Atlántico Photovoltaic” y en bibliografía especializada. A su vez, se verificó a nivel normativo cuales se encuentran en veda nacional o regional teniendo en cuenta la resolución 1912 de 2017 de MADS, o con alguna categoría de amenaza en UICN y CITES. También se tuvo en cuenta la resolución 01906 del 7 de septiembre de 2022 expedida por el ANLA. “Por la cual se otorga Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales a Geoestudios Ingeniería S.A.S. (ver Anexo_1. Comunicaciones/Comunicaciones EIA 2023/1.1 Gestión Institucional Nacional/1.1.2 Permiso de Colecta)

TABLA 2-21 FUENTES CITADAS

FUENTE	TEMA
Resolución 1912 de 2017 MINAMBIENTE	Identificar especies con alguna categoría de amenaza reportada en el estudio.
Resolución 0213 de 1977 del INDERENA	Veda nacional para 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.
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)	Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (www.cites.org , apéndices en vigor a partir del 05 de febrero de 2015)
Colombia diversidad biótica Vol VI	Riqueza de musgos y líquenes en Colombia
Libro rojo de Plantas de Colombia, Volumen 3: Las Bromelias las labiadas y las pasifloras	Revisión de especies de bromelias amenazadas
Unión Internacional para Conservación de la Naturaleza	Lista roja (UICN)-(www.iucnredlist.org , versión 2023)
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).	Unión Internacional para Conservación de la Naturaleza
Estudios anteriores efectuados anteriormente en el área de estudio	

Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023 ajustada de “Metodología para la Caracterización de Especies en Veda Ministerio de Medio Ambiente y ANLA, 2018”

A su vez se tuvieron en cuenta otras páginas web oficiales como:

- Sistema de Información sobre la diversidad Biológica (SIB)
- Bases de datos electrónicas TROPICOS, del Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org/Home>)
- Catálogo de plantas y Líquenes de Colombia, de la Universidad Nacional de Colombia

A su vez se diseñó un formato de campo con el software “Memento”, para de esta manera registrar las especies de flora en veda vascular y no vascular, registradas en el área del proyecto “Atlántico Photovoltaic” los cuales fueron diligenciados en campo con la información que resulta de vital importancia como son los siguientes ítems:

- **Fecha:** en la cual se realizó el muestreo
- **Responsable:** por defecto alguno de los dos profesionales a cargo

- **Bioma:** en el presente proyecto se presenta un solo bioma Zonobioma Alternohigrico Tropical Cartagena y delta del Magdalena
- **Cobertura:** Se colocaron como mecanismo de única selección teniendo en cuenta que fueron 5 coberturas evaluadas en el presente proyecto.
- **Código:** Unidad de Muestreo Veda en este caso Número de parcela veda y/o forestal a realizar o censo forestal.
- **Tipo de muestreo:** Si es Forofito o la Subparcela 1x1
- **N Forofito:** Número Forestal del árbol a registrar.
- **N común del forofito:** Teniendo en cuenta la información dada en campo por el profesional forestal.
- **Código Parcela Terrestre:** Unidad de Muestreo en este caso con la sigla TERR de terrestre
- **Waypointforofito:** Número de Waypoint que arrojaba el GPS en el momento de comenzar a realizar el registro del forófito.
- **Hábito:** Epífita, Terrestre, o Rupícola
- **Tipo de Epífita:** Vascular o No Vascular
- **Grupo:** se presentaban las siguientes opciones (Musgo, Hepática, Liquen, Aracea, Bromelia, Helecho, Orquídea u otros.
- **Nombre veda o # de muestra:** Nombre del organismo registrado en campo o su posible Morfo para el caso de las no vasculares DM y el consecutivo y O y el consecutivo y para las vasculares con fotomuestra.
- **Estrato de Crecimiento:** se presentaban las siguientes opciones (Base: 1, Tronco: 2, Corona interna 3, Corona Media: 4, Corona externa: 5, o no aplica si eran terrestres, rupícolas y demás
- **Abundancia cobertura en cm₂:** para estimar en campo la abundancia por cobertura en cm² de especies no vasculares
- **Abundancia # de individuos:** Cantidad de individuos por especie vascular presente en hábito epífita, Terrestre y/o rupícola.
- **Observaciones:** Para colocar notas, detalles específicos que describan las morfos colectadas u observadas.

- Equipo de trabajo

Se conformó 1 equipo de trabajo compuesto por profesional forestal, 1 Biólogo especializado en epífitas, 1 auxiliar y con el apoyo de un profesional del área SIG para generar la correspondiente información de especies registradas y cartografía de ubicación de los puntos y zonas de muestreo, con el objeto de puntualizar y facilitar la ubicación de los puntos de muestreo, para la adecuada caracterización de las especies.

- Diseño de muestreo

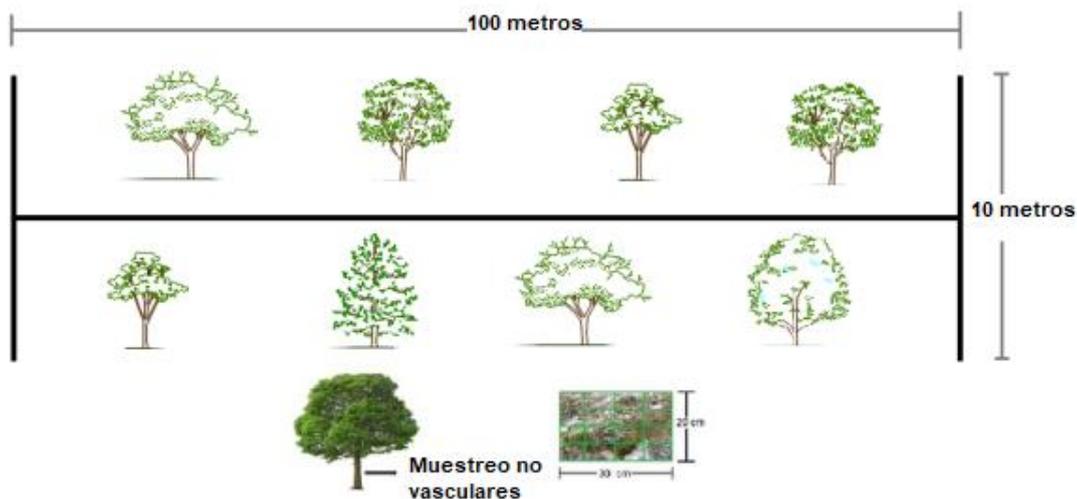
Para realizar los muestreos de la vegetación epífita, entre ellos Bromelias, Orquídeas, Líquenes y Briofitos, evaluar la abundancia y diversidad de este tipo de especies dentro del área del proyecto y teniendo en cuenta las características técnicas y de coberturas

vegetales presentes en las áreas susceptibles a intervención, el diseño muestral y el tamaño de la muestra propuesto se estableció a nivel de las coberturas vegetales con presencia de vegetación arbórea y/o arbustiva a muestrear corresponden a seis: Pastos limpios (2.3.1), Pastos arbolados (2.3.2), Pastos enmalezados (2.3.3) Bosque de galería/o ripario (3.1.4), Vegetación secundaria alta (3.2.3.1) y Vegetación secundaria baja (3.2.3.2), utilizando de manera parcial el protocolo de muestreo rápido y representativo de epífitas vasculares (metodología RRED) propuesto por Gradstein et al. (2003), y para el caso de áreas puntuales como las Ocupaciones de cauce se realizó el censo de todos los forófitos de porte fustal presentes dentro de cada una de las mismas.

La anterior metodología se efectuó acorde a lo que indica el documento “Metodología para la Caracterización de Especies de Flora en Veda” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el cual indica que para tener una muestra representativa de epífitas vasculares y no vasculares, se realice el registro de 8 forófitos por hectárea en la medida de lo posible que se encuentren equidistante. (Shaw y Bergstrom, 1997); a relación de número de transectos y forófitos por hectárea, para definir el tamaño de la muestra, se aplicó hasta obtener la estabilización de las Curvas de Acumulación de Especies, el cual incluye modelos no paramétricos propuestos por Villareal et al. (2003).

Las parcelas de caracterización se efectuarán en la medida de lo posible dentro de las mismas parcelas forestales en coberturas como: Vegetación Secundaria Alta, Vegetación Secundaria Baja, Pastos arbolados, Pastos enmalezados, Pastos limpios, Bosque Galería las dimensiones de las parcelas fueron de 100m x10m de ancho (Ver **Figura 2-23**).

FIGURA 2-23 PARCELAS DE CARACTERIZACIÓN



Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, Modificado de (Larrotta, 2018)

Cabe resaltar que para las especies vasculares y no vasculares de hábito terrestre y/o Rupícola se tuvo en cuenta lo expuesto en la Resolución 00961 del 2 de junio de 2021 y la Metodología General Para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales expuesta por el Ministerio de Medio Ambiente en la cual se plantea realizar 6 parcelas por cobertura vegetal evaluada con un tamaño de 1x1 y teniendo en cuenta a su vez lo expuesto por (Gentry, 1982) y se tuvieron en cuenta los cuadrantes a realizar con el acetato para la evaluación de las especies no vasculares y para el presente estudio se

desarrollaron dentro de las mismas parcelas de veda realizadas, esto se efectuó con los respectivos recorridos en cada parcela de veda.

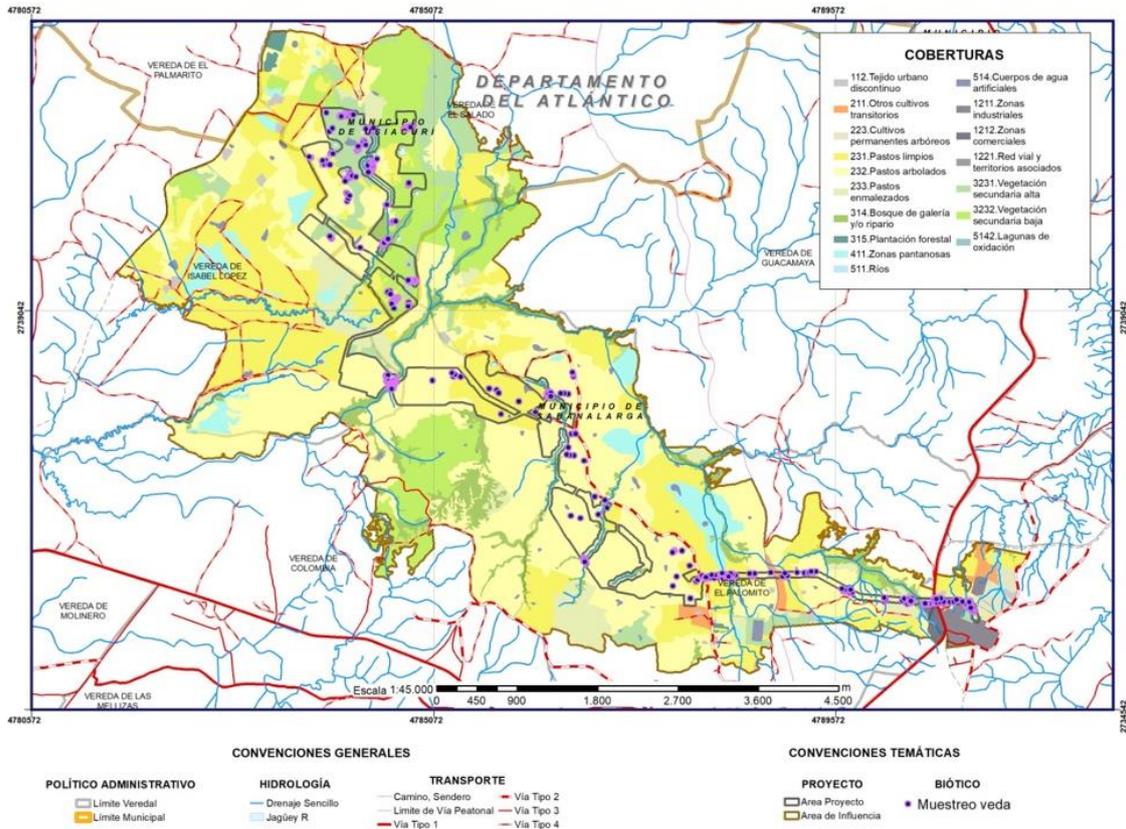
Por lo tanto, teniendo en cuenta la metodología propuesta, la caracterización de las especies vasculares y no vasculares de hábito epífita se realizó mediante el inventario en 733 forófitos y 71 parcelas para hábito terrestre y rupícola, para un total de 640 puntos muestreados (TABLA 2-22 Y FIGURA 2-24).

TABLA 2-22 NÚMERO DE FORÓFITOS Y PARCELAS DE OTROS SUSTRATOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE FLORA EPÍFITA POR UNIDADES DE COBERTURA

COBERTURA	NO. DE FOROFITOS	NO. DE PARCELAS DE OTROS SUSTRATOS MUESTREADOS*
Bosque de galería y/o ripario	187	21
Pastos arbolados	109	6
Pastos enmalezados	53	6
Pastos limpios	77	6
Red vial y territorios asociados	4	3
Tejido urbano discontinuo	11	6
Vegetación secundaria alta	136	10
Vegetación secundaria baja	156	13
Total	733	71

Fuente: HS&E S.A.S.

FIGURA 2-24 DISTRIBUCIÓN DE LOS FORÓFITOS Y PARCELAS DE OTROS SUSTRATOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE FLORA EPÍFITA POR UNIDADES DE COBERTURA



Fuente: HS&E S.A.S.

➤ Fase Campo

En la fase de campo se realizaron las siguientes actividades:

- Selección de Forófitos

Se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Que las especies sean comunes en la zona de estudio
- En la medida de lo posible equidistantes en promedio 15 metros de distancia
- En la medida de lo posible no deben tener cortezas lisas, papilosas, escamosas

Los criterios anteriores se refieren a árboles de gran porte, con alturas que dominen en el dosel y diámetros a la altura del pecho (DAP) superiores a 10 cm (dándole prioridad a los de mayor diámetro; pero en el caso de que en el transecto solo se registraron forófitos con DAP menor a 10 cm, se seleccionaron aquellos forófitos disponibles con los mayores diámetros), cuya corteza deberá ser madura.

- Cada uno de los forófitos registrados dentro de cada uno de los transectos realizados en donde se tuvo en cuenta la marcación forestal, como marcación del componente epífita, para algunas de Pastos se tuvo en cuenta la marcación F: Forófito y número consecutivo el cual fue marcado sobre la corteza con pintura asfáltica de color amarillo y se realizó el respectivo registro en el GPS de los forófitos inventariados en cada una de las parcelas.

FOTOGRAFÍA 2-10 MARCACIÓN DE FORÓFITOS

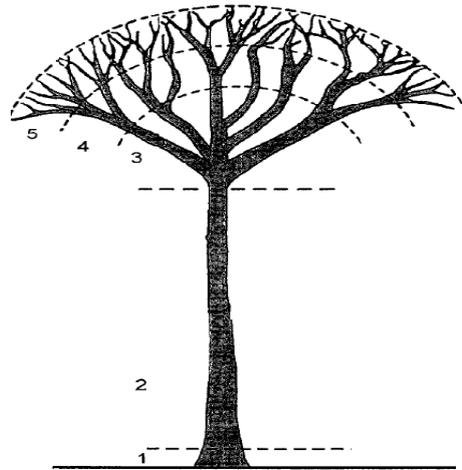


Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

- Caracterización de flora epífita vasculares y no vasculares

Continuando con el registro de vegetación epífita vascular se realizó teniendo en cuenta la distribución ecológica expuesta por Johansson (1974) de: Base (1), Tronco (2), corona interna (3), corona media (4) y corona externa (5) y por otro lado para las no vasculares se realizó en registro en base y tronco.

FIGURA 2-25 DISTRIBUCIÓN ECOLÓGICA JOHANNSON



Fuente: Johansson (1974)

Para el muestreo de flora vascular y no vascular que se desarrolla sobre otros sustratos como las rupícolas y terrestres se efectuaron parcelas de 1x1 m como lo indica Gentry (1982) para cada una de las coberturas vegetales del área de influencia.

FOTOGRAFÍA 2-11 SUBPARCELA 1X1



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

- Epífitas Vasculares

Teniendo en cuenta que la abundancia según (Wolf, Gradstein, & Nadkarni, 2009) se define como el número de individuos de este tipo de cada una de las especies registradas que crecen sobre el árbol hospedero, o que se encuentren en hábito rupícola o terrestre, por lo tanto, se registraron las cantidades de individuos observados para cada una de las especies de grupos como bromelias, orquídeas, aráceas entre otros que se encontraron en el área del proyecto Atlántico Photovoltaic.

Es importante indicar que debido a que no se ascendió al dosel, no se hicieron análisis verticales de composición y diversidad de epífitas por forófito. Desde tierra se estimó el lugar del forófito donde se hallaba la epífita vascular, de acuerdo a la zonificación de Johansson.

▪ Epífitas No Vasculares

Para la caracterización de las epífitas no vasculares se tuvo en cuenta la cuadrícula en acetato cuya medida 30x20cm para evaluar la cantidad de cobertura en cm² teniendo en cuenta los estudios realizados por Riquelme (2008) que plantea esta metodología, por otro lado como lo indica Barreno & Ortega (2003) las no vasculares se desarrollan como agregados poblacionales que actúan como capa de desarrollo (sustrato de semillas) de otros individuos como angiospermas, ejerciendo una acción estabilizadora al favorecer la instalación de otras especies en un evento de sucesión. Y para el presente proyecto se evaluaron musgos, hepáticas, líquenes, antherocetales.

FOTOGRAFÍA 2-12 UNIDAD DE MUESTREO PARA EPÍFITAS NO VASCULARES



Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS, 2023

La estimación de cada cobertura en cm de cada especie registrada se hizo en campo con observación directa.

Como complemento a la evaluación en campo de la cobertura en cm² de especies de epífitas no vasculares se efectuó el método propuesto por Iwatzuki (1960) en la cual se realiza la estimación de la abundancia total para cada uno de los agregados poblacionales registrados con medidas porcentuales que se categorizan de la siguiente manera:

TABLA 2-23 ABUNDANCIA DE EPIFITAS NO VASCULARES CON BASE A LA COBERTURA ESTIMADAS

ABUNDANCIA	SIGLA	% DE COBERTURA	COBERTURA EN cm ²
Raro	R	0 – 20 %	0-10
Escaso	E	20,1 – 40 %	10,1-100
Poco abundante	P.A	40,1 – 60 %	101-1000
Abundante	A	60,1 – 80 %	1001-10000
Muy abundante	M.A	80,1 – 100 %	Mayor a 100001

Fuente: Iwatzuki (1960), adaptado y ajustado por UT PLARE GEOESTUDIOS

Para el hábito rupícola y terrestre se realizaron recorridos dentro de las parcelas a realizar con el fin de verificar la presencia o ausencia tanto de epífitas vasculares y no vasculares.

Para optimizar la identificación taxonómica tanto de las epífitas vasculares como no vasculares presentes en el área del proyecto, se realizó la respectiva observación de los dos grupos para no vasculares con lupas de 40X 60x (**Fotografía 2-13**) y con el uso de binoculares para las vasculares, también con un amplio registro fotográfico

FOTOGRAFÍA 2-13 OBSERVACIÓN DE EPÍFITAS NO VASCULARES



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

- Colecta de No Vasculares

En los que no fue posible la identificación en campo se realizó la respectiva colecta de muestras de los especímenes para que puedan ser determinadas a partir de una observación más detallada de las estructuras. Teniendo en cuenta que son agregados poblacionales se colectó de manera manual utilizando un martillo y cincel de madera y con una navaja se extrae de la corteza del forófito, terrestres y/o rupícola donde se encontraba la especie con un tamaño de muestra promedio mínimo de (5x5 cm²) para cada morfoespecie, cada colecta fue depositada en bolsas de papel kraft de 1 libra teniendo en cuenta la metodología de (Bowles, 2004), previamente se marcaban con la fecha, y se asociaría al acrónimo de parcela perteneciente del profesional de epífitas para el presente estudio el inicial de cada profesional en este caso DM., JM, siendo las iniciales de cada parcela DM seguido del número consecutivo de muestra. Posteriormente estas muestras se colocaron en proceso de secado a temperatura ambiente, y así evitar posible contaminación de las mismas.

- Transporte y Preservación

Los ejemplares colectados se preservaron según Bowles (2004), que indica coleccionar los ejemplares en bolsas (líquenes) o envolturas de papel kraft (Briófitos, hepáticas y antocerotales), **Fotografía 2-14** pues mantienen una mejor calidad cuando se secan en las bolsas o envolturas donde se van a almacenar. El secado es crucial; sin él los ejemplares pueden pudrirse o volverse quebradizos, si no se secan adecuadamente. Para el transporte del material colectado se utilizó una caja de cartón en la cual se ubicaron ordenadamente cada una de las muestras de las morfoespecies colectadas, esto con el fin de no afectar la disposición tridimensional y la forma característica de cada una de ellas.

FOTOGRAFÍA 2-14 COLECTA DE MUESTRAS NO VASCULARES



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

- Registro Fotográfico Vasculares

Cabe resaltar que para las especies Vasculares se realizó un compendio de fotos detalladas en la medida de flores, frutos y partes vegetativas, hojas completamente expandidas este registro fotográfico fue enviado a un profesional de herbario para su respectiva identificación taxonómica.

➤ **Fase Post Campo**

- Determinación taxonómica

La determinación de las muestras (morfoespecies) colectadas en campo fue realizada por profesionales especializados en la determinación de epífitas vasculares y no vasculares, con el fin de identificar los especímenes hasta el nivel de género o especie (teniendo en cuenta el nivel de complejidad de cada grupo y si está claro taxonómicamente), a partir de claves taxonómicas provenientes de literatura especializada tales como: Bernecker (1999), Burghardt & Gradstein (2008), Chaparro & Aguirre (2002), Churchill & Linares (1995), Costa (2008), Feldberg & Heinrichs (2006), Fulford (1963, 1966), Gradstein (1994, 2001), Silva (2007), Uribe & Aguirre (1995, 1997) y Gradstein & Uribe & (2011), entre otros y equipos de laboratorio como el estereoscopio.

- Análisis de la información recopilada en campo

Posteriormente se realizó la consolidación y depuración de las bases de datos que se realizó en campo con el programa MEMENTO y se efectuó la respectiva depuración en el programa EXCEL para así posteriormente poder calcular los análisis estadísticos de los datos en paquetes estadísticos (PAST®, Estimates®, entre otros), con el fin de determinar los principales índices de diversidad alfa y beta, que definirán la biodiversidad de especies de Epífitas presentes dentro del área de estudio, para lo cual se tuvieron en cuenta los parámetros e índices estadísticos que se mencionan a continuación.

- Medición de la Riqueza y Abundancias absolutas y relativas

Teniendo en cuenta que la riqueza específica es una de las formas más sencillas de medir la biodiversidad, y a su vez con las abundancias determinar las especies con mayor prevalencia en el área del proyecto, es por ello que se efectuó el análisis de riqueza y abundancia generales y para cada una de las coberturas vegetales evaluadas,

tanto para especies vasculares como no vasculares y el análisis sobre el estado de conservación y amenaza de las especies registradas en proyecto.

- Curva de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies se entiende como el número de especies acumuladas a lo largo de una medida de esfuerzo de muestreo, como herramienta estadística se utilizó el programa EstimateS para indicar la representatividad del muestreo realizado, es decir; la caracterización de la flora vascular y no vascular. Para ello se tendrán en cuenta los siguientes pasos:

- i. El número total de especies registradas por cobertura y el número total de muestras trabajadas (unidades muestréales).
- ii. Se genera la matriz de datos de presencia-ausencia para las especies no vasculares y la matriz de datos de abundancia para las especies vasculares, esto teniendo en cuenta los estimadores utilizados para cada grupo de especies según lo sugerido por Villareal et. al. 2004. Datos o matrices que fueron ingresados al programa Stimates, para posteriormente elaborar las respectivas curvas de acumulación y cálculo de % de diversidad según los estimadores utilizados para cada grupo.
- iii. Se utilizan métodos no paramétricos, los cuales son utilizados cuando no se asume una distribución estadística conocida a ningún modelo determinado. Estos se emplean generalmente cuando no se tienen datos del número de individuos, ya que no hay manera de conocer cómo se comporta la distribución de individuos por especie (Villareal et. Al. 2004) y se utilizaron los estimadores no paramétricos CHAO1 Singletons y Doubletons para las especies vasculares con datos de abundancia, por su parte, para las especies no vasculares se utilizaron los estimadores basados en datos de frecuencia (presencia-ausencia) Bootstrap, Uniques y Duplicates.

También se tuvieron en cuenta los siguientes índices:

- iv. Índice de Margalef

Este índice transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k\sqrt{N}$ donde k es constante (Magurran A. E., 1988). Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1995).

- v. Índice de Simpson.

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran A. E., 1988); (Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Lande, 1996).

- vi. Índice de Shannon-Wiener:

Indica 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 pertenece un individuo escogido al azar de una colección (Magurran A.

E., 1988); (Peet, 1974); (Baev & Penev, 1995); y asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra.

2.3.3.2.4 Fauna

La caracterización del componente fauna silvestre (grupos taxonómicos de anfibios reptiles, aves y mamíferos) asociado con el área de influencia, se realizó bajo los lineamientos establecidos en: (1) Términos de Referencia TdR-015 para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía Fotovoltaica⁵⁷, (2) Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales⁵⁸ y (3) Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad⁵⁹.

➤ Fase Pre- campo

- Recopilación de información secundaria y caracterización de las comunidades de fauna silvestre a nivel regional

A partir de información secundaria disponible, se realizó la consulta y recopilación de registros de especies de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) cuya presencia sea probable o comprobada en los municipios del área de influencia, (Sabanalarga y Usiacuri) específicamente en el rango altitudinal en el que se ubica el área del proyecto (0 a 200 m.s.n.m) y las unidades de cobertura de la tierra previamente identificadas.

- Herpetofauna (anfibios y reptiles)

La información secundaria se obtuvo principalmente de la revisión bibliográfica, se tuvieron en cuenta los artículos de Acosta-Galvis 2000, Rueda - Almonacid et al., 2004. La base de datos web www.batrachia.com - Lista de los Anfibios de Colombia V2023, la base <http://www.sibcolombia.net/web/sib/home> y para el ajuste taxonómico la base de Amphibian Species of the World - <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.

⁵⁷ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. Términos de Referencia, para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía Fotovoltaica tdR-015 de 2017.

⁵⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Bogotá, D.C. 2018. 228 p.

⁵⁹ VILLARREAL H., M. ÁLVAREZ, S. CÓRDOBA, F. ESCOBAR, G. FAGUA, F. GAST, H. MENDOZA, M. OSPINA & A.M. UMAÑA. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Segunda edición. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 2006. 236 p.

Para reptiles, se tuvo en cuenta Pérez-Santos y Moreno (1998)⁶⁰, Sánchez-C et al. (1995)⁶¹, Páez et al. (2012)⁶², Morales-Betancourt et al. (2013)⁶³, Morales-Betancourt et al., (2015)⁶⁴. Adicionalmente se sigue los arreglos taxonómicos propuestos por diferentes autores y compilados en la página web <https://reptile-database.reptarium.cz>, versión 2023.

- Mamíferos

La recopilación de información secundaria de los mamíferos que potencialmente se podían distribuir en el área se realizó mediante una búsqueda inicial en catálogos y bases de datos (GBIF, Global Biodiversity Information Facility) y el SIB (Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia); adicionalmente se tuvo en cuenta el listado de mamíferos más reciente publicado para el país por Ramírez-Chávez y colaboradores (2021), y un trabajo de investigación reciente para el departamento del atlántico (Avendaño-Maldonado et al., 2021) para la lista se utilizaron las especies que se distribuyen para el departamento del Atlántico.

Para corroborar el listado de mamíferos se empleó el listado de especies y distribución para mamíferos de Colombia más reciente (Ramírez-Chávez et al., 2021) y se corroboraron los nombres científicos con la versión más actualizada de Mammal species of the world (<http://www.departments.bucknell.edu/biology/resources/msw3/>).

- Aves

Para la evaluación se construyó una lista de especies de aves potenciales para el área de influencia a partir de varias fuentes de información secundaria. Se obtuvo información de la Global Biodiversity Information Facility- GBIF, del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia- SIB Colombia y de la EOD - eBird Observation Dataset. También se tuvo en cuenta los registros de los catálogos digitales de las colecciones de aves del Instituto de Ciencias Naturales ICN de la Universidad Nacional de Colombia y del Instituto Alexander Von Humboldt.

La información recopilada, se organizó en una tabla que encuentra en la sección de resultados, donde se tuvieron en cuenta datos taxonómicos, atributos geográficos y datos ecológicos de las especies. La clasificación de categorías de amenaza para las especies de aves registradas se dio a partir de la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y el libro Rojo de Aves. Se tuvo en cuenta el nivel de endemismo (Chaparro et al., 2013) y se incluyeron las

⁶⁰ Pérez-Santos, C., y Moreno, A. G. (1988). Ofidios de Colombia. Torino: Museo Regionale di Scienze Naturali.

⁶¹ Sánchez-C, H., Castaño-M, O., & Cárdenas-A, G. (1995). Diversidad de los Reptiles en Colombia. En J. Rangel-Ch (Ed.), Colombia Diversidad Biótica I (págs. 277-325). Bogotá D.C.: Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia-Inderenia.

⁶² Páez, V. P., Morales-Betancourt, M. A., Lasso, M. C., Castaño-Mora, O. V., & Bock, B. C. (Edits.). (2012). V. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

⁶³ Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., De La Ossa, V., & Fajardo-Patiño, A. (Edits.). (2013). VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

⁶⁴ Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Páez, V. P., & Bock, B. C. (Edits.). (2015). Libro rojo de reptiles de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad de Antioquia

especies migratorias siguiendo los criterios de Galeano et al. (2004). (ver Anexo 3.7 Fauna).

➤ Fase Campo

El trabajo de campo se desarrolló en el período del 24 de abril al 5 de mayo de 2023, época que corresponde a sequía, [posteriormente se realiza una segunda fase de caracterización los días 2 al 10 de abril de 2024, con el fin de dar respuesta a los requerimientos de información adicional solicitados mediante el Acta de reunión No. 05 del 25 de febrero de 2024.](#)

- Aves

Los avistamientos y los registros auditivos de aves son los métodos más efectivos para realizar inventarios de avifauna, dado que en Colombia existe buena información acerca de la taxonomía, ecología e historia de vida de las aves para su identificación en campo y porque permiten tener datos más representativos empleando un menor tiempo (Stiles & Rosselli, 1998). En el estudio de línea base del área de intervención del proyecto se emplearon recorridos para el registro visual y auditivo (Villarreal, y otros, 2006) y redes de niebla (**Fotografía 2-15**).

Para la caracterización de aves del área de influencia del proyecto se emplearon [en total 19 días efectivos de muestreo desde el 25 de abril al 04 de mayo de 2023 y del 2 al 10 de abril de 2024](#). Los recorridos se efectuaron en las horas de mayor actividad de la especie, que generalmente son entre las 05:30 h y las 10:30 h y entre las 14:00 h y las 17:30 h (Ralph et al., 1997). En cada cobertura vegetal del área de influencia se realizaron muestreos con metodologías estandarizadas para la observación y el conteo de los individuos, se realizaron mediante técnicas de detección visual y auditiva para monitoreos de aves (Villarreal et al., 2004), las cuales serán descritas a continuación:

- Recorridos y censos por puntos fijos:

En cada cobertura vegetal identificada se realizaron recorridos libres y se establecieron mínimo tres puntos fijos de conteo, con una independencia espacial de 200 m (Ralph et al., 1993). Los puntos fijos de conteo se ubicaron a lo largo de cada cobertura vegetal con el fin de obtener una representatividad de la riqueza y composición de aves en el área de influencia. Las observaciones se realizaron en las 05:30 h y las 10:30 h y entre las 14:00 h y las 17:30 h. Cada punto se muestreo, con un radio aproximado de 30 m, durante 15 minutos, tiempo en el cual se aumentó la capacidad de detección de las especies de aves (Ralph et al., 1993; Bibby et al., 2000; Villarreal et al., 2004). Todos los datos de los muestreos como registro fotográfico y georreferenciación fueron compilados, ordenados y validados, para posteriormente ser presentados en un formato GDB. (ver **Anexo_3. Soporte Técnico/3.7 Fauna**).

**FOTOGRAFÍA 2-15 INSTALACIÓN Y
CAPTURAS CON REDES DE NIEBLA**

Coordenadas Planas Origen Nacional:

E 4783863 N 2741116

Fecha: 26-04-2023



**FOTOGRAFÍA 2-16 CAPTURA DE AVES
CON REDES DE NIEBLA.**

Coordenadas Planas Origen Nacional:

E 4786364 N 2738536

Fecha: 02-05-2023



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

- Captura con redes de niebla

En cada una de las coberturas vegetales identificados se establecieron 33 redes de niebla, cada una de 24 m (72 m total). Las redes fueron ubicadas en áreas donde se evidenciaba la disponibilidad de recurso para las aves tales como: flores, frutos y la cercanía a cuerpos de agua, ya que son considerados como los sitios de mayor movimiento para las aves (Villarreal et al., 2004).

Las redes de niebla estuvieron activas en promedio entre las 14:00 h - 17:30 h y estas fueron revisadas cada 10 minutos. Los individuos recolectados se manipularon en el menor tiempo posible y una vez observados e identificados se detalló información adicional incluyendo: sexo de cada ave observada (cuando fue posible), cobertura vegetal ocupada, estrato de la vegetación donde se observó el individuo y datos generales de comportamiento y dieta. Adicionalmente se tomaron medidas morfométricas como: peso, culmen total, culmen expuesto, alto del pico, comisuras, tarso, uña, halux, medida del ala, cola, descripción de muda y presencia/ausencia de parche de incubación.

FOTOGRAFÍA 2-17 INSTALACIÓN Y CAPTURAS CON REDES DE NIEBLA

Coordenadas Planas Origen Nacional:
E 4788386.653 N 2735990.73

Fecha: 25-04-2023



FOTOGRAFÍA 2-18 CAPTURA DE AVES CON REDES DE NIEBLA

Coordenadas Planas Origen Nacional:
E 4788386.653 N 2735990.73

Fecha: 01-05-2023



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

Para la corroboración taxonómicas de las especies observadas y recolectadas se hizo mediante la guía ilustrada de la Avifauna Colombiana (Quiñones, 2018) y la guía de las aves de Colombia (Hilty & Brown, 2001). Los cantos fueron organizados e identificados en Xenocanto (Fundación Xeno-canto, 2022). Para la nomenclatura científica y la identificación taxonómica se tuvo en cuenta la Clasificación Sudamericana – Sociedad Americana de Ornitología (Remsen et al., 2021).

- Entrevistas

Para complementar la información obtenida durante los recorridos, se realizaron entrevistas a la comunidad local que hace parte del área de influencia e intervención del proyecto entre el 25 de abril al 04 de mayo de 2023. Las entrevistas obtenidas fueron georreferenciadas y la información colectada se registró en un formato de entrevistas estructuradas. (ver Anexo_3. Soporte Técnico/3.7 Fauna)

- Ubicación de los sitios de muestreo

Para la caracterización de aves del área de influencia del proyecto se emplearon 19 días efectivos de muestreo desde el 25 de abril al 04 de mayo de 2023 y del 2 al 10 de abril de 2024. El esfuerzo de muestreo con redes de niebla correspondió a 54 horas/red (ver Tabla 2-24). En cuanto a la observación directa (recorridos y puntos de observación) el esfuerzo de muestreo fue de 70 horas/hombre, (ver Tabla 2-25).

Los recorridos de longitud y por puntos se realizaron por las distintas coberturas vegetales determinadas para el proyecto, en la Figura 2-26 se puede ver la distancia correspondiente a cada uno de ellos en el interior de cada cobertura.

TABLA 2-24 REDES DE NIEBLA DE AVES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Temporada	ID	INICIO_ESTE	INICIO_NORTE	Unidades de cobertura vegetal
25 de abril al 04 de mayo de 2023	ReA_01	4784563	2738074	Vegetación secundaria alta
	ReA_02	4784409	2798139	Vegetación secundaria alta
	ReA_03	4784689	2739887	Bosque de galería y/o ripario
	ReA_04	4783603	2741135	Bosque de galería y/o ripario

Temporada	ID	INICIO_ESTE	INICIO_NORTE	Unidades de cobertura vegetal
	ReA_05	4784835	2740900	Bosque de galería y/o ripario
	ReA_06	4784227	2739464	Bosque de galería y/o ripario
	ReA_07	4784698	2741113	Bosque de galería y/o ripario
	ReA_08	4784663	2738175	Bosque de galería y/o ripario
	ReA_09	4784540	2738180	Vegetación secundaria alta
	ReA_10	4784767	2740838	Vegetación secundaria alta
	ReA_11	4785774	2738417	Pastos arbolados
	ReA_12	4784091	2740569	Pastos arbolados
2 a 10 de abril de 2024	RA1	2739060,305	4784996,931	Bosque de galería y/o ripario
	RA2	2739047,199	4785008,39	Bosque de galería y/o ripario
	RA3	2739047,199	4785008,39	Bosque de galería y/o ripario
	RA4	2739029,334	4785005,875	Bosque de galería y/o ripario
	RA5	2739029,334	4785005,875	Bosque de galería y/o ripario
	RA6	2739029,334	4785005,875	Bosque de galería y/o ripario
	RA7	2739004,534	4785008,036	Bosque de galería y/o ripario
	RA8	2738990,574	4785008,03	Bosque de galería y/o ripario
	RA9	2738990,574	4785008,03	Bosque de galería y/o ripario
	RA10	2738978,555	4785023,549	Bosque de galería y/o ripario
	RA11	2736249,658	4788605,353	Pastos arbolados
	RA12	2736243,704	4788602,877	Pastos arbolados
	RA13	2736243,704	4788602,877	Pastos arbolados
	RA14	2736238,768	4788599,225	Pastos arbolados
	RA15	2736238,768	4788599,225	Pastos arbolados
	RA16	2736232,296	4788593,482	Bosque de galería y/o ripario
	RA17	2736227,512	4788584,751	Bosque de galería y/o ripario
	RA18	2736227,225	4788578,817	Bosque de galería y/o ripario
	RA19	2736228,336	4788573,066	Bosque de galería y/o ripario
	RA20	2736227,615	4788566,881	Bosque de galería y/o ripario
	RA21	2739981,592	4784444,507	Bosque de galería y/o ripario
	RA22	2739993,377	4784451,293	Bosque de galería y/o ripario
	RA23	2740005,174	4784454,733	Bosque de galería y/o ripario
	RA24	2740019,639	4784475,811	Bosque de galería y/o ripario
	RA25	2740027,209	4784489,299	Bosque de galería y/o ripario
	RA26	2740041,679	4784509,543	Bosque de galería y/o ripario
	RA27	2740059,111	4784502,934	Bosque de galería y/o ripario
	RA28	2740074,379	4784507,23	Bosque de galería y/o ripario
	RA29	2740094,495	4784515,756	Bosque de galería y/o ripario
	RA30	2740111,858	4784518,388	Bosque de galería y/o ripario

Fuente: HS&E S.A.S, 2024

TABLA 2-25 TRANSECTOS DE CARACTERIZACIÓN DE AVES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.

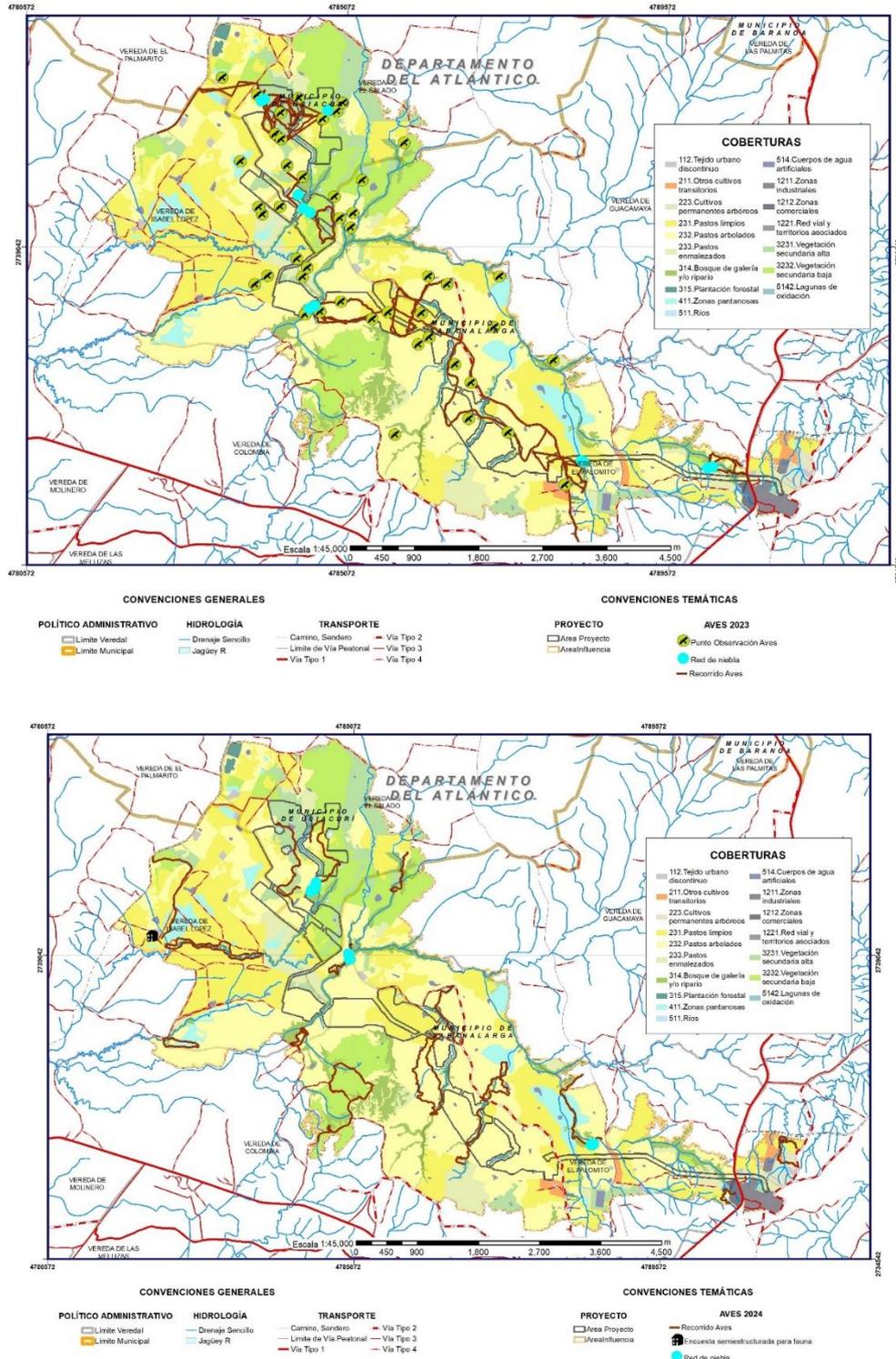
TRANSECTO (ID)	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				RECORRIDO (M)	TIEMPO (H)	ALTURA (M.S.N.M)		MUNICIPIO	UNIDAD COBERTURA VEGETAL
	Este inicial	Norte inicial	Este final	Norte final			Min	Max		
TF1	4784376,30	2739988,61	4784429,05	2740710,76	2,1597	1:35:42	38	45	Usiacurí	Bosque de galería y/o ripario
										Cuerpos de agua artificiales
										Pastos arbolados
										Pastos limpios
										Vegetación secundaria alta
										Vegetación secundaria baja
TF2	4784273,92	2740039,00	4784273,92	2740039,00	1,9978	1:13:13	36	52	Usiacurí-Sabanalarga	Cuerpos de agua artificiales
										Pastos arbolados
										Pastos limpios
										Tejido urbano discontinuo
										Vegetación secundaria alta
										Zonas pantanosas
TF3	4788451,47	2737287,21	4788731,05	2736310,26	1,5372	1:18:41	53	63	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Pastos arbolados
										Pastos limpios
										Zonas pantanosas
TF4	4786549,07	2738585,21	4786557,06	2737748,64	1,1733	0:58:29	53	58	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Pastos arbolados
										Zonas pantanosas
TF5	4791601,57	2736181,24	4791606,23	2735911,64	1,2475	1:29:04	83	90	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Cuerpos de agua artificiales
										Cultivos permanentes arbóreos
										Otros cultivos transitorios
										Pastos limpios
										Zonas pantanosas
TF6	4790669,80	2735532,65	4790615,17	2735375,56	0,5662	0:50:04	94	98	Sabanalarga	Lagunas de oxidación
										Pastos arbolados

TRANSECTO (ID)	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				RECORRIDO (M)	TIEMPO (H)	ALTURA (M.S.N.M)		MUNICIPIO	UNIDAD COBERTURA VEGETAL
	Este inicial	Norte inicial	Este final	Norte final			Min	Max		
										Pastos limpios
										Zonas comerciales
TF7	4785849,47	2740559,23	4785711,58	2740009,30	1,0038	1:00:08	40	48	Sabanalarga-Usiacurí	Bosque de galería y/o ripario
										Pastos arbolados
										Pastos limpios
										Vegetación secundaria baja
TF8	4782234,27	2739292,42	4782122,07	2740510,59	1,9763	1:00:08	30	72	Sabanalarga	Pastos arbolados
										Pastos limpios
										Vegetación secundaria alta
										Vegetación secundaria baja
										Zonas pantanosas
TF9	4784541,52	2736281,79	4784975,36	2736949,77	3,0406	2:13:00	55	94	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Pastos arbolados
										Pastos limpios
										Vegetación secundaria baja
TF10	4782270,98	2737816,22	4782293,98	2737815,04	1,1831	1:00:39	26	33	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Pastos arbolados
										Zonas pantanosas
TF11	4784822,20	2738851,50	4784822,44	2738854,27	1,0839	1:52:09	37	42	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Pastos arbolados
TF12	4786978,45	2736770,48	4786703,73	2735946,94	1,3946	1:11:50	63	81	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Cuerpos de agua artificiales
										Pastos arbolados
										Pastos enmalezados
										Pastos limpios
TF13	4787050,28	2736904,59	4787041,57	2736890,63	2,0423	1:24:37	50	63	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Pastos arbolados
										Red vial y territorios asociados
										Tejido urbano discontinuo

TRANSECTO (ID)	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				RECORRIDO (M)	TIEMPO (H)	ALTURA (M.S.N.M)		MUNICIPIO	UNIDAD COBERTURA VEGETAL
	Este inicial	Norte inicial	Este final	Norte final			Min	Max		
										Zonas pantanosas
TF14	4786349,29	2737869,73	4786330,95	2737816,24	3,4542	2:17:48	57	81	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Cuerpos de agua artificiales
										Pastos arbolados
										Pastos limpios
										Tejido urbano discontinuo
TF15	4782287,62	2739165,41	4782287,87	2739203,15	3,4306	2:05:07	29	35	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Pastos limpios
										Zonas pantanosas
TF16	4784271,26	2737646,01	4784248,75	2737671,19	1,2184	1:20:24	35	43	Sabanalarga	Bosque de galería y/o ripario
										Pastos arbolados

Fuente: HS&E S.A.S, 2024

FIGURA 2-26 CARACTERIZACIÓN DE AVES EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO



Fuente: HS&E S.A.S, 202

- Mamíferos

El muestreo se realizó entre el 25 de abril y el 4 de mayo del 2023 y del 2 al 10 de abril de 2024. Para el levantamiento en la fase de campo se implementó la metodología propuesta del Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de la biodiversidad (Villarreal, 2006), para la identificación de especímenes se utilizó las claves de identificación como Mammals of South América, Volumen 1 y 2 (Alferd L. Gardner, 2015); Claves de identificación de los murciélagos neotropicales (Díaz, 2021); La Field Guide to Amazonian Bats (Adrià López-Baucells, 2016), Clave para la identificación de los roedores de Costa Rica (David Villalobos-Chaves, 2016), la Guía de Identificación de Bolsillo de los Primates de Colombia (Andrés Link, 2019) y el Libro Rojo de los Mamíferos (Florez-González, L., J. C, 2006) el cual fueron como criterio para en el levantamiento de la información en campo.

- Mamíferos de tipo terrestres

- ✓ Mamíferos de talla pequeña

Para la captura de mamíferos pequeños tipo roedores, se instalaron 130 trampas Sherman LFA en total de dimensiones 23 largo x 9.5 alto x 8.0 ancho (**Fotografía 2-19** y **Fotografía 2-20**) para cada cobertura dentro de los ecosistemas del área de influencia, estas fueron intercaladas en los diferentes sitios dentro del área de influencia para optimizar el esfuerzo. Se instalaron de forma lineal con distancias separadas de 10 metros entre sí y se tuvo en cuenta la detección de zonas usadas como refugio, alimentación y de paso o sendas, dentro de las coberturas propuestas. Se usó un cebo como atrayente compuesto por banano, granola, esencia de vainilla y mantequilla de maní. La información en campo se consignó en la libreta y formatos de campo como las medidas morfométricas de los especímenes, su georreferenciación y su respectiva asociación a una fotografía (**ver Anexo_3. Soporte Técnico/3.7 Fauna**). En cada revisión de las trampas Sherman, se volvió a recebar para optimizar el éxito de captura. Nota: las trampas fueron intercaladas en los sitios de muestreo para optimizar el tiempo de muestreo en la fase de campo.

**FOTOGRAFÍA 2-19 INSTALACIÓN DE
TRAMPA SHERMAN**

Coordenadas Planas Origen Nacional:
E 4790388.493 N 2735856.97



**FOTOGRAFÍA 2-20 REVISIÓN DE TRAMPA
SHERMAN**

Coordenadas Planas Origen Nacional:
E: 4790180.261 N: 2735828.401



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

TABLA 2-26 TRAMPAS SHERMAN DE CARACTERIZACIÓN DE MAMÍFEROS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.

TEMPORADA	ID	INICIO_ESTE	INICIO_NORTE	UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL
25 de abril al 04 de mayo de 2023	TS-1.1	4784147,557	2741154,348	Vegetación secundaria alta
	TS-1.2	4784142,634	2741157,62	Vegetación secundaria alta
	TS-1.3	4784141,686	2741163,377	Vegetación secundaria alta
	TS-1.4	4784143,544	2741163,144	Vegetación secundaria alta
	TS-1.5	4784147,282	2741166,106	Vegetación secundaria alta
	TS-1.6	4784146,545	2741170,534	Vegetación secundaria alta
	TS-1.7	4784147,877	2741173,622	Vegetación secundaria alta
	TS-1.8	4784153,048	2741178,455	Vegetación secundaria alta
	TS-1.9	4784149,278	2741187,547	Vegetación secundaria alta
	TS-1.10	4784144,261	2741189,681	Vegetación secundaria alta
	TS-1.11	4784140,433	2741189,705	Vegetación secundaria alta
	TS-1.12	4784133,983	2741190,189	Vegetación secundaria alta
	TS-1.13	4784814,557	2741060,873	Vegetación secundaria alta
	TS-1.14	4784821,973	2741057,508	Vegetación secundaria alta
	TS-1.15	4784806,671	2741059,154	Vegetación secundaria alta
	TS-1.16	4784802,479	2741070,682	Vegetación secundaria alta
	TS-1.17	4784803,758	2741065,476	Vegetación secundaria alta
	TS-1.18	4784799,114	2741074,684	Vegetación secundaria alta
	TS-1.19	4784792,343	2741076,386	Vegetación secundaria alta
	TS-1.20	4784142,25	2741148,996	Vegetación secundaria alta
	TS-1.21	4784142,538	2741142,691	Vegetación secundaria alta
	TS-1.22	4784143,59	2741136,159	Vegetación secundaria alta
	TS-1.23	4784148,611	2741134,468	Vegetación secundaria alta
	TS-1.24	4784819,84	2740980,33	Vegetación secundaria alta
	TS-1.25	4784808,935	2740934,062	Vegetación secundaria alta
	TS-1.26	4784783,406	2740909,895	Vegetación secundaria alta
	TS-1.27	4784760,91	2740949,741	Vegetación secundaria alta
	TS-1.28	4784757,471	2740924,88	Vegetación secundaria alta
	TS-1.29	4784770,606	2740892,172	Vegetación secundaria alta
	TS-1.30	4784767,403	2741093,024	Vegetación secundaria alta
TS-2.1	4784520,952	2738097,661	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.2	4784522,74	2738103,621	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.3	4784516,515	2738105,099	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.4	4784526,896	2738103,484	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.5	4784527,021	2738105,917	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.6	4784525,196	2738111,347	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.7	4784533,866	2738115,826	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.8	4784543,569	2738118,813	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.9	4784545,764	2738120,016	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.10	4784532,144	2738103,119	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.11	4784511,332	2738089,381	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.12	4784504,671	2738091,082	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.13	4784494,876	2738064,603	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.14	4784490,567	2738057,774	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.15	4784486,141	2738049,839	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.16	4784494,339	2738066,154	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.17	4784487,178	2738058,127	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.18	4784478,488	2738050,441	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.19	4784518,269	2738148,06	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.20	4784504,588	2738146,709	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.21	4784499,81	2738135,128	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.22	4784498,918	2738132,479	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.23	4784487,643	2738113,972	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.24	4784468,642	2738101,707	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.25	4784465,511	2738091	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.26	4784463,906	2738079,509	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.27	4784554,702	2738166,517	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.28	4784568,739	2738172,068	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.29	4784575,559	2738195,248	Bosque de galería y/o ripario	
TS-2.30	4784579,835	2738231,273	Bosque de galería y/o ripario	
TS-3.1	4790092,791	2736011,41	Bosque de galería y/o ripario	

TEMPORADA	ID	INICIO_ESTE	INICIO_NORTE	UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL
	TS-3.2	4790090,726	2736013,634	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.3	4790089,348	2736003,027	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.4	4790091,35	2736008,433	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.5	4789958,143	2735610,092	Pastos limpios
	TS-3.6	4789957,611	2735612,528	Pastos limpios
	TS-3.7	4789944,048	2735612,612	Pastos limpios
	TS-3.8	4790103,952	2735976,617	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.9	4790112,457	2735972,251	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.10	4790154,747	2735947,66	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.11	4790171,869	2735992,341	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.12	4790097,258	2735900,43	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.13	4790183,607	2735962,521	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.14	4790302,744	2735964,769	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.15	4790306,474	2735931,128	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.16	4790342,23	2735946,72	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.17	4790336,046	2735919,555	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.18	4790308,326	2735894,623	Pastos enmalezados
	TS-3.19	4790316,69	2735867,367	Pastos enmalezados
	TS-3.20	4790350,881	2735859,746	Pastos enmalezados
	TS-3.21	4790388,493	2735856,97	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.22	4790416,415	2735826,276	Bosque de galería y/o ripario
	TS-3.23	4790171,189	2735882,644	Pastos enmalezados
	TS-3.24	4790201,173	2735866,755	Pastos enmalezados
	TS-3.25	4790192,725	2735845,133	Pastos enmalezados
	TS-3.26	4790180,261	2735828,401	Pastos enmalezados
	TS-3.27	4790200,432	2735817,881	Pastos enmalezados
	TS-3.28	4790227,687	2735820,698	Pastos enmalezados
	TS-3.29	4790206,205	2735796,17	Pastos enmalezados
	TS-3.30	4790443	2735808	Bosque de galería y/o ripario
	2 a 10 de abril de 2024	TS-M-1	4783959,545	2740968,606
TS-M-2		4784019,085	2740974,344	Vegetación secundaria alta
TS-M-3		4784088,043	2741013,268	Vegetación secundaria alta
TS-M-4		4784160,019	2741014,527	Vegetación secundaria alta
TS-M-5		4784043,898	2740943,858	Vegetación secundaria alta
TS-M-6		4784047,487	2740918,193	Vegetación secundaria alta
TS-M-7		4784064,09	2740845,278	Vegetación secundaria alta
TS-M-8		4783973,282	2740820,306	Vegetación secundaria alta
TS-M-9		4783885,883	2740854,366	Pastos arbolados
TS-M-10		4783882,97	2740747,468	Pastos limpios
TS-M-11		4783945,954000	2740706,303	Vegetación secundaria alta
TS-M-12		4784266,064	2741028,048	Pastos enmalezados
TS-M-13		4784283,883	2740976,193000	Vegetación secundaria alta
TS-M-14		4784266,056	2740912,185	Vegetación secundaria alta
TS-M-15		4784320,646	2740810,967	Vegetación secundaria alta
TS-M-16		4784097,785	2740664,941	Vegetación secundaria alta
TS-M-17		4784247,613	2740633,697	Vegetación secundaria alta
TS-M-18		4784272,967	2740451,751	Vegetación secundaria alta
TS-M-19		4784263,951	2740380,781	vegetación secundaria alta
TS-M-20		4784171,328	2740316,642	Pastos arbolados
TS-M-21		4791297,13	2735628,61	Pastos enmalezados
TS-M-22		4791302,705	2735597,923	Pastos enmalezados
TS-M-23		4791291,319	2735571,73	Pastos enmalezados
TS-M-24		4791262,56	2735622,077	Pastos enmalezados
TS-M-25		4791175,364	2735667,704	Pastos enmalezados
TS-M-26		4791195,460000	2735625,54	Pastos enmalezados
TS-M-27		4791217,456	2735551,731	Zonas industriales
TS-M-28		4791153,2	2735583,132	Pastos enmalezados
TS-M-29		4791110,499	2735558,152	Pastos enmalezados
TS-M-30		4791109,495	2735539,016	Pastos enmalezados
TS-M-31		4791077,211	2735536,441	Vegetación secundaria alta
TS-M-32		4791082,516	2735576,588	Vegetación secundaria alta
TS-M-33		4791091,65	2735592,433	Vegetación secundaria alta
TS-M-34		4791061,916	2735675,736	Vegetación secundaria alta

TEMPORADA	ID	INICIO_ESTE	INICIO_NORTE	UNIDAD DE COBERTURA VEGETAL
	TS-M-35	4791084,531000	2735656,288	Vegetación secundaria alta
	TS-M-36	4786560,757	2738050,646	Pastos arbolados
	TS-M-37	4786536,149	2737984,426	Bosque de galería y/o ripario
	TS-M-38	4786510,821	2737957,631	Bosque de galería y/o ripario
	TS-M-39	4786682,78	2737960,385	Pastos arbolados
	TS-M-40	4786604,836	2737922,768	Pastos arbolados
	TS-M-41	4786552,039	2737872,289	Bosque de galería y/o ripario
	TS-M-42	4786514,763	2737855,381	Bosque de galería y/o ripario
	TS-M-43	4786527,186	2737819,526	Bosque de galería y/o ripario
	TS-M-44	4782369,409	2739213,527	Pastos limpios
	TS-M-45	4782448,591	2739183,839	Bosque de galería y/o ripario
	TS-M-46	4782505,355000	2739206,849	Bosque de galería y/o ripario
	TS-M-47	4782589,29	2739293,648	Pastos limpios
	TS-M-48	4782676,638	2739304,128	Pastos limpios
	TS-M-49	4782779,54	2739174,776	Bosque de galería y/o ripario
	TS-M-50	4783141,702	2739217,723	Pastos limpios

Fuente: HS&E S.A.S.,2024

- ✓ Mamíferos de talla mediana y grande

Para la detección de mamíferos medianos y grandes dentro del área de influencia, se complementó con la instalación de nueve (9) cámaras trampas (Ver [Tabla 2-27](#) y [Fotografía 2-21](#) Instalación de cámaras Trampa). Estas fueron instaladas en los sitios más idóneos como las sendas, indicios de rastros y paso de mamíferos de talla mediana y grande, con el fin de aumentar la probabilidad de registrar la fauna de mamíferos presentes en la zona de estudio. Cada cámara fue georreferenciada y cebada con alimento como atrayente.

TABLA 2-27 CÁMARAS TRAMPAS DE CARACTERIZACIÓN DE MAMÍFEROS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Temporada	ID	Coordenada Este	Coordenada Norte	Unidad de cobertura vegetal
25 de abril al 04 de mayo de 2023	CT1	4.790.148.442	2735807.7	Pastos enmalezados
	CT2	4.784.861.285	2.740.230.332	Vegetación secundaria baja
	CT3	4.784.697.343	2740860.79	Vegetación secundaria baja
	CT4	4.788.401.331	2.735.941.427	Bosque de galería y/o ripario
	CT5	4.784.799.924	2.740.944.626	Vegetación secundaria baja
	CT6	4.784.172.989	2.741.166.826	Vegetación secundaria baja
	CT7	4.784.604.322	2.738.228.905	Bosque de galería y/o ripario
	CT8	4.784.482.201	2.738.083.926	Bosque de galería y/o ripario
	CT9	4.784.632.405	2.738.018.385	Vegetación secundaria baja
2 al 10 de abril de 2024	CT-M-1	4784831,375	2738759,174	Bosque de galería y/o ripario
	CT-M-2	4788301,094	2736483,783	Bosque de galería y/o ripario

Fuente: HS&E S.A.S.,2024

FOTOGRAFÍA 2-21 INSTALACIÓN DE CÁMARAS TRAMPA
 Coordenadas Planas Origen Nacional:
 E: 4784604.322 N: 2738228.



Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

- ✓ Recorridos para observación de mamíferos

Se realizaron recorridos libres diarios desde las 05:00-10:00 con el fin de registrar el mayor número posible de especies. Para los recorridos se tuvieron en cuenta registros visuales y auditivos, además de rastros, huellas, heces, posaderos o evidencia de la presencia de un mamífero, adicionalmente se realizaron encuestas enfocadas a las personas que habían vivido en la zona (ver Anexo_3. Soporte Técnico/3.7 Fauna) o que la hubiesen habitado hace un tiempo menor a un año. (Tabla 2-28).

TABLA 2-28 COORDENADAS DE DE TRACKS DE OBSERVACIÓN PARA LA FAUNA DE MAMÍFEROS PARA LA TEMPORADA DEL 25 DE ABRIL AL 04 DE MAYO DE 2023

METODOLOGÍA	ID	INICIO_ESTE	INICIO_NORTE	FIN_ESTE	FIN_NORTE
Recorrido Mamíferos 1	ReM1	4784078.784	2740563.496	4784658.239	2740869.002
Recorrido Mamíferos 2	ReM2	4783002.912	2741270.438	4783804.574	2741330.648
Recorrido Mamíferos 3	ReM3	4784117.517	2740565.681	4784796.436	2741392.094
Recorrido Mamíferos 4	ReM4	4784397.603	2739602.643	4784711.377	2739563.04
Recorrido Mamíferos 5	ReM5	4785999.093	2737991.682	4784882.582	2738089.56
Recorrido Mamíferos 6	ReM6	4786653.277	2737673.919	4787461.24	2736324.085
Recorrido Mamíferos 7	ReM7	4787490.234	2736237.976	4788311.304	2736046.494
Recorrido Mamíferos 8	ReM8	4790704.849	2735716.671	4790082.605	2735885.847
Recorrido Mamíferos 9	ReM9	4788161.197	2735744.866	4787871.942	2736595.877

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

TABLA 2-29 COORDENADAS DE TRACKS DE OBSERVACIÓN PARA LA FAUNA DE MAMÍFEROS PARA LA TEMPORADA DEL 2 AL 10 DE ABRIL DE 2024

TRANSECTO ID	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				RECORRIDO (M)	TIEMPO	ALTURA (M.S.N.M)		MUNICIPIO	PREDIO	COBERTURA
	ESTE INICIAL	NORTE INICIAL	ESTE FINAL	NORTE FINAL			MÍN	MÁX			
TRA-M-1	4784688,625	2738900,895	4785066,590	2739364,341	1650	1:10:54	38	44	Sabanalarga	Platanal	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados
TRA-M-2	4784315,011				1980	2:30:33			Usiacurí	Las Playas 2	Bosque de galería y/o ripario
										Tierras Nuevas 1	Pastos arbolados
										Tierras Nuevas 1 y Las Playas 2	Pastos limpios
											Vegetación secundaria alta Vegetación secundaria baja
TRA-M-3	4783927,101	2740983,674	4784364,647	2740129,412	2100	3:15:01	45	47	Usiacurí	Media Luna	Cuerpos de agua artificiales
											Pastos arbolados
									Sabanalarga		Pastos limpios Vegetación secundaria alta
TRA-M-4	4786560,369	2737758,799	4786535,113	2738590,599	1360	1:39:56	51	54	Sabanalarga	El Porvenir	Bosque de galería y/o ripario
											Pastos arbolados
											Red vial y territorios asociados
											Zonas pantanosas
TRA-M-5	4787012,75	2736807,766	4786739,876	2735968,789	1520	1:34:12	62	80	Sabanalarga	El Mirador	Bosque de galería y/o ripario
											Cuerpos de agua artificiales
											Pastos arbolados
											Pastos enmalezados
											Pastos limpios

TRANSECTO ID	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				RECORRIDO (M)	TIEMPO	ALTURA (M.S.N.M)		MUNICIPIO	PREDIO	COBERTURA
	ESTE INICIAL	NORTE INICIAL	ESTE FINAL	NORTE FINAL			MÍN	MÁX			
TRA-M-6	4787039,516	2736955,77	4787063,681	2736892,161	1710	1:50:39	55	60	Sabanalarga	El Mirador	Bosque de galería y/o ripario Cuerpos de agua artificiales Pastos arbolados Pastos limpios Red vial y territorios asociados Zonas pantanosas
TRA-M-7	4791320,075	2735624,557	4791480,172	2735790,261	1300	2:32:11	91	96	Sabanalarga	B2 - San Juan	Cultivos permanentes arbóreos Pastos enmalezados Red vial y territorios asociados Vegetación secundaria alta Zonas pantanosas
TRA-M-8	4791412,745	2735924,705	4791353,854	2736104,719	1090	1:38:50	89	90	Sabanalarga	B2 - San Juan	Cultivos permanentes arbóreos Otros cultivos transitorios Pastos limpios Zonas pantanosas
TRA-M-9	4786280,935	2737846,832	4786339,097	2737844,23	2650	2:35:26	57	58	Sabanalarga	El Porvenir	Cuerpos de agua artificiales Pastos arbolados Pastos limpios Tejido urbano discontinuo
TRA-M-10	4790342,041	2735391,209	4790467,954	2735426,337	950	1:02:58	87	89	Sabanalarga	La Princesa	Bosque de galería y/o ripario Laguna de oxidación Pastos arbolados Pastos enmalezados Pastos limpios Zonas pantanosas

TRANSECTO ID	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL				RECORRIDO (M)	TIEMPO	ALTURA (M.S.N.M)		MUNICIPIO	PREDIO	COBERTURA
	ESTE INICIAL	NORTE INICIAL	ESTE FINAL	NORTE FINAL			MÍN	MÁX			
TRA-M-11	4788764,536	2736265,767	4788454,148	2737569,521	3320	3:20:46	51	63	Sabanalarga	El Mirador	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados Pastos enmalezados Pastos limpios Zonas pantanosas
TRA-M-12	4785884,650	2740587,997	4785689,211	2739966,0435	1260	2:25:09	40	46	Sabanalarga Usiacurí Sabanalarga	Los Laureles y El Platanal	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados Vegetación secundaria alta Vegetación secundaria baja
TRA-M-13	4782344,133	2739123,362	4782351,266	2739170,415	3480	2:55:53	31	35	Sabanalarga	La Perla B	Bosque de galería y/o ripario Pastos enmalezados Pastos limpios
TRA-M-14	4784405,878	2736217,688	4785015,910	2736694,960	1400	1:40:18	78	92	Sabanalarga	Arroyo Nuevo	Bosque de galería y/o ripario Pastos limpios Vegetación secundaria baja
TRA-M-15	4785127,660	2736908,280	4784937,273	2736892,285	2120	1:57:49	55	66	Sabanalarga	Arroyo Nuevo	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados Vegetación secundaria baja

Fuente: HS&E S.A.S.

FOTOGRAFÍA 2-22 INSTALACIÓN DE REDES DE NIEBLA
Coordenadas Planas Origen Nacional:
E: 4784611.613 N: 2738205.745



Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

✓ Mamíferos voladores

Esta actividad se desarrolló entre el 25 de abril y el 4 de mayo del 2023. Para la captura de mamíferos voladores se emplearon redes de niebla, instaladas en los bordes, vegetación en fructificación y donde se observó mayor actividad de murciélagos para cada cobertura. Se instalaron 4 redes de niebla de 12 metros de largo, las cuales funcionaban desde las 18:00 horas hasta las 22:00 horas, se revisaron inicialmente por periodos de tiempo cada 15 minutos y con base a la actividad registrada se amplió el intervalo de revisión, adicionalmente se rotaron cada tres noches en las coberturas más representativas del área de estudio.

Los murciélagos se guardaron en bolsas de tela para su posterior procesamiento: Medidas morfológicas (Longitud total (LT), Cola (C), Pata (P), Oreja (O), antebrazo (AB) y tibia (Tib), y en caso de necesitarse se tomaron medidas de Trago (Tr) y Calcar (Cl). Adicionalmente se evaluó el estado reproductivo del individuo (estado reproductivo y edad) y fotografías, la identificación hasta el nivel de especie fue realizada con la clave de identificación de los murciélagos Neotropicales (Díaz et al., 2021).

TABLA 2-30 REDES DE NIEBLA PARA CARACTERIZACIÓN DE MAMÍFEROS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

TEMPORADA	ID	INICIO ESTE	INICIO NORTE	DISTANCIA
25 de abril al 04 de mayo de 2023	R1	4.783.902.471	2.741.127.087	Vegetación secundaria alta
	R2	4.784.794.833	2740969.43	Vegetación secundaria alta
	R3	4.788.386.653	2735990.73	Bosque de galería y/o ripario
	R4	4.788.356.283	2.736.014.696	Bosque de galería y/o ripario
	R5	4.784.536.007	2.738.167.963	Bosque de galería y/o ripario
	R6	4.784.611.613	2.738.205.745	Bosque de galería y/o ripario
	R7	4.790.128.269	2.735.911.331	Bosque de galería y/o ripario
	R8	4.790.194.748	2735924.41	Bosque de galería y/o ripario
	R9	4.784.547.159	2.739.522.395	Vegetación secundaria alta
	R10	4.784.451.416	2.739.585.268	Vegetación secundaria alta
	R11	4.784.378.781	2.739.772.518	Pastos arbolados
	R12	4.783.859.559	2.741.104.138	Pastos arbolados
2 al 10 de abril de 2024	RN-M-1	4784404,297	2740457,604	Pastos limpios
	RN-M-2	4784401,391	2740458,098000	Pastos limpios
	RN-M-3	4784399,414	2740458,817	Pastos limpios

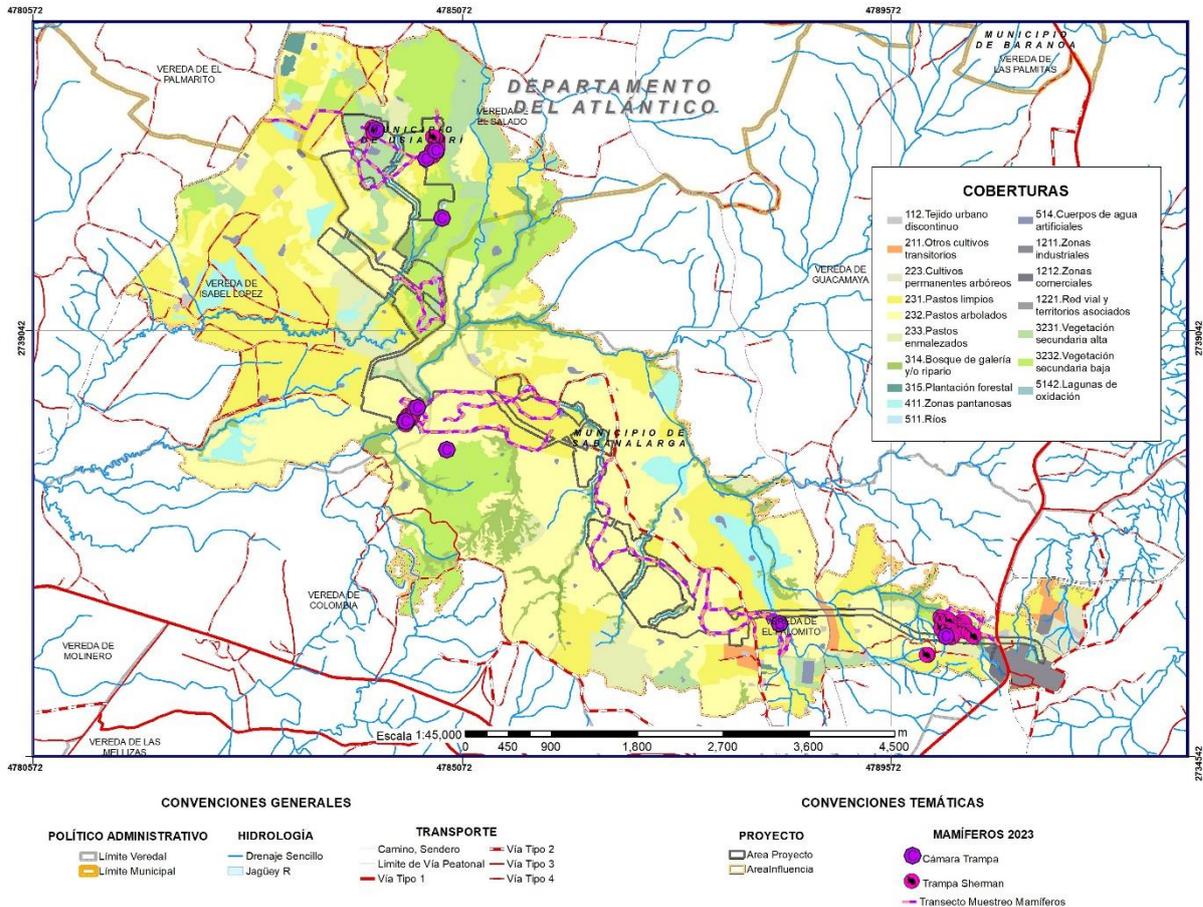
TEMPORADA	ID	INICIO ESTE	INICIO NORTE	DISTANCIA
	RN-M-4	4784388,113	2740458,592	Pastos limpios
	RN-M-5	4784386,421	2740458,31	Pastos limpios
	RN-M-6	4784033,883	2740034,369000	Pastos limpios
	RN-M-7	4784029,273	2740035,836	Zonas pantanosas
	RN-M-8	4784027,091	2740068,667	Vegetación secundaria alta
	RN-M-9	4784027,091	2740068,667	Zonas pantanosas
	RN-M-10	4791122,898	2735676,401	Vegetación secundaria alta
	RN-M-11	4791120,415	2735677,245	Vegetación secundaria alta
	RN-M-12	4791118,535	2735677,517	Vegetación secundaria alta
	RN-M-13	4791117,516	2735679,554	Vegetación secundaria alta
	RN-M-14	4790400,723	2735433,31	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-15	4790401,36	2735435,143	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-16	4790403,616	2735436,088	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-17	4790404,904	2735438,158	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-18	4790406,96	2735440,056	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-19	4786508,116	2737874,684	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-20	4786510,446	2737882,313	Pastos arbolados
	RN-M-21	4786516,161	2737881,823	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-22	4786519,054	2737884,322000	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-23	4786522,722	2737881,706	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-24	4785922,574	2740495,592	Pastos arbolados
	RN-M-25	4785920,352	2740494,712000	Pastos arbolados
	RN-M-26	4785921,555	2740489,481	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-27	4785920,63	2740488,740000	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-28	4785920,768	2740487,804	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-29	4783245,038	2739075,335	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-30	4783240,904	2739080,096	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-31	4783236,851	2739081,465	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-32	4783232,981	2739081,896	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-33	4784273,471	2737770,937	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-34	4784280,467000	2737765,434	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-35	4784288,96	2737769,68	Bosque de galería y/o ripario
	RN-M-36	4784295,699	2737766,295	Bosque de galería y/o ripario

Fuente: HS&E S.A.S.,2024

- Entrevistas

Para complementar la información recolectada en campo se realizaron entrevistas durante el tiempo referido anteriormente a pobladores de la zona que eran oriundos del municipio y que habían desempeñado labores que se relacionaban directamente con el área de influencia del proyecto y que tenían indicios de la fauna que se podía observar en la zona. En total se realizaron dos entrevistas formales dirigidas a los auxiliares de campo; se escogieron estas personas debido a la experiencia como conocedores del área de intervención tienen en relación con la fauna presente en el sitio, esta se basó en un tiempo de 20 minutos por la cual se tuvo ayuda de fotografías, material didáctico. (ver Anexo_3. Soporte Técnico/3.7 Fauna).

FIGURA 2-27 CARACTERIZACIÓN DE MASTOFAUNA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO



Fuente: HS&E S.A.S., 2024

- Anfibios y reptiles

La técnica de inventario empleada fue la búsqueda libre sin restricciones propuesta por, Rueda, et al., (2006), la cual permite obtener mayor la información sobre la riqueza específica y la abundancia relativa en menos tiempo de muestreo, inspeccionando activamente los micro hábitats presentes en el área (**Fotografía 2-23**). Además, el muestreo por búsqueda libre facilita las comparaciones entre hábitats en un área determinada, en razón de las diferencias ambientales que impactan de alguna manera la composición y abundancia de la herpetofauna.

FOTOGRAFÍA 2-23 RECORRIDO DE OBSERVACIÓN HERPETOFAUNA

Coordenadas Planas Origen Nacional:
E 4786385 N 2738112



Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

El muestreo mediante búsqueda libre se realizó a través de transectos: diurno entre las 07:00 y 12:00 horas; y nocturno a las 17:00 y las 22:00 horas. Cada recorrido fue grabado en el GPS, esto con el fin de georreferenciar las especies reportadas y consolidar la geodatabase (GDB). Los anfibios se encontraron a través de una búsqueda activa que involucra el levantamiento de rocas, troncos podridos, revisión de grietas y algunas estructuras dentro de las coberturas estudiadas, de igual forma, removiendo hojarasca acumulada en el suelo, en cuerpos de agua y a lo alto de la vegetación, lo que permitió registrar la mayoría de los individuos observados y capturar por lo menos un representante por especie cuando fue posible.

FOTOGRAFÍA 2-24 BÚSQUEDA ACTIVA DE HERPETOFAUNA

Coordenadas Planas Origen Nacional:
E 4786536 N 2738056



Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

Se tomaron datos relevantes en la identificación, tales como la presencia y/o ausencia de características morfológicas, el tipo, forma, tamaño y color de estructuras como glándulas, membranas timpánicas, discos y almohadillas, escudetes, pliegues, tubérculos, rebordes cutáneos, membranas interdigitales manuales y pediales,

espolones y espinas humerales, los cuales se consignaron en fichas y libreta de campo, junto con el carácter morfométrico Longitud Rostro-Cloaca (LRC) cuando fue necesario.

**FOTOGRAFÍA 2-25 REGISTRO
FOTOGRAFICO DE ANFIBIOS**
Coordenadas Planas Origen Nacional:
E 4784759 N 2738376
Leptodactylus insularum



**FOTOGRAFÍA 2-26 REGISTRO
FOTOGRAFICO DE REPTILES**
Coordenadas Planas Origen Nacional:
E 4788013 N 2736156
Boa constrictor



Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

- Ubicación de las unidades de muestreo

Para el registro de anfibios se implementó la técnica de búsqueda libre por encuentros visuales sin restricciones (Crump & Scott, 1994). Para esto, un observador realizó recorridos aleatorios buscando activamente durante 19 días, con apoyo de rastrillo y pinza ofídica en los microhábitats disponibles en el área como rocas, troncos huecos y caídos, hojarasca y las ramas de los árboles y arbustos hasta aproximadamente tres metros de altura. El esfuerzo de muestro diario consto de 6 horas diarias, comprendidos entre las 8:00-11:00 am, entre las 3:00 y las 6:00 pm o entre las 6:00-9:00 pm. El esfuerzo de muestro total fue 120 horas/hombre. Se tomó registro fotográfico de la mayor parte de especies, in situ.

Para complementar la información obtenida mediante los muestreos, se realizaron encuestas semiestructuradas durante el trabajo de campo, entre el 25 de abril y el 4 de mayo del 2023 y del 2 al 10 de abril de 2024, dirigidas a los pobladores locales, donde se les expuso el alcance e interés del componente y se les preguntó por las especies que suelen ver en la zona, los tipos de hábitat donde son avistadas, la frecuencia de observación y los posibles usos que les han dado, así mismo, para esta identificación de especies por parte de los entrevistados, se emplearon fotografías e ilustraciones de los organismos reportados con anterioridad para la región, previamente seleccionadas.

A continuación, en la **Tabla 2-31**, se relacionan los puntos de inicio y fin asociados a los recorridos de observación y captura de anfibios durante el presente estudio.

**TABLA 2-31 COORDENADAS DE TRACKS DE OBSERVACIÓN PARA LA HERPETOFAUNA
PARA LA TEMPORADA DEL 25 DE ABRIL AL 04 DE MAYO DE 2023**

ID_MUES_TR	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL				LONGITUD (m)
	INICIO ESTE	INICIO NORTE	FIN ESTE	FIN NORTE	
RH1	4783920	2740979	4784807	2741219	2300
RH2	4784843	2741218	4783920	2740969	2100
RH3	4783790	2741357	4783791	2741040	1500
RH4	4788121	2735988	4788095	2736010	1100
RH5	4785467	2738516	4785798	2738247	2200
RH6	4785695	2738185	4785529	2738515	975
RH7	4784696	2738117	4784758	2738395	638
RH8	4787256	2736782	4787244	2736810	1700
RH9	4787236	2736809	4788034	2736096	2400
RH10	4788349	2736048	4790410	2735607	3100
RH11	4790556	2735977	4790421	2736046	2200
RH12	4784459	2739619	4784501	2739628	2900
RH13	4784223	2739753	4783909	2740964	2200
RH14	4786694	2738051	4786512	2738259	1700
RH15	4786587	2738312	4786685	2738066	406
RH16	4784644	2738214	4784641	2738499	694
RH17	4784643	2738198	4784712	2738405	501

Fuente: UT PLARE-GEOESTUDIOS 2023.

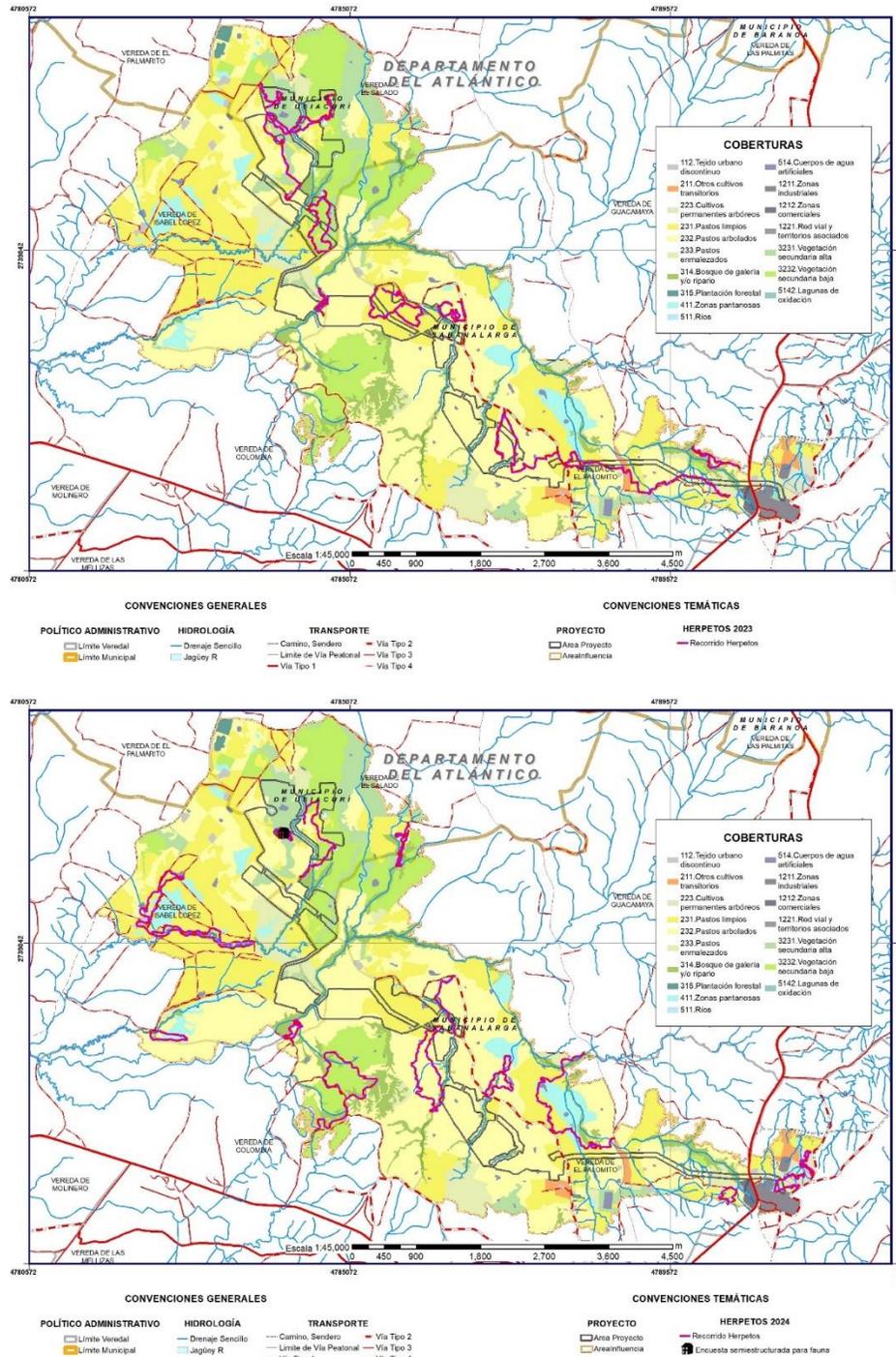
TABLA 2-32 COORDENADAS DE TRACKS DE OBSERVACIÓN PARA LA HERPETOFAUNA PARA LA TEMPORADA DEL 2 AL 10 DE ABRIL DE 2024.

TRANSECTO ID	COORDENADAS				LONGITUD RECORRIDO	TIEMPO	ALTURA		MUNICIPIO	COBERTURA
	ESTE INICIAL	NORTE INICIAL	ESTE FINAL	NORTE FINAL			MINIMA	MAXIMA		
T-H01	4784099,898	2740582,83	4784053,965	2740545,277	1174,629867	5 horas	38,05585408	44,95462274	USIACURÍ	Cuerpos de agua artificiales Pastos limpios Tejido urbano discontinuo Vegetación secundaria alta
T-H02	4787050,287	2736904,596	4787041,571	2736890,636	2042,345912	3 horas	48,01627163	63,36460661	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados Red vial y territorios asociados Tejido urbano discontinuo Zonas pantanosas
T-H03	4786349,295	2737869,734	4786330,959	2737816,245	3454,241841	5 horas	57	81,93906566	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Cuerpos de agua artificiales Pastos arbolados Pastos limpios Tejido urbano discontinuo
T-H04	4788800,581	2736302,183	4788376,266	2737509,788	3465,898203	3 horas	48	71,38369479	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Otros cultivos transitorios Pastos arbolados Pastos enmalezados Pastos limpios Red vial y territorios asociados Zonas pantanosas
T-H05	4791431,34	2735812,585	4791383,389	2735623,632	1512,035476	5 horas	91	102,1264955	SABANALARGA	Cultivos permanentes arbóreos Pastos enmalezados Red vial y territorios asociados Vegetación secundaria alta Zonas pantanosas
T-H06	4791599,25	2735819,06	4791589,298	2735839,291	1183,567861	5 horas	89,30633752	98	SABANALARGA	Cultivos permanentes arbóreos Otros cultivos transitorios Tejido urbano discontinuo Zonas pantanosas
T-H07	4790430,878	2735408,235	4790368,262	2735370,878	780,4006594	5 horas	84,58614931	94	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Lagunas de oxidación Pastos enmalezados Pastos limpios Zonas pantanosas
T-H08	4785894,796	2740626,184	4785894,32	2740740,396	1679,699521	3 horas	40,31668674	51	USIACURÍ	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados Pastos limpios Vegetación secundaria alta
T-H09	4782330,877	2739173,049	4782237,856	2739257,103	2939,198123	2 horas	30	37	SABANALARGA	Cuerpos de agua artificiales

TRANSECTO ID	COORDENADAS				LONGITUD RECORRIDO	TIEMPO	ALTURA		MUNICIPIO	COBERTURA
	ESTE INICIAL	NORTE INICIAL	ESTE FINAL	NORTE FINAL			MINIMA	MAXIMA		
										Pastos arbolados Pastos limpios Tejido urbano discontinuo Zonas pantanosas
T-H10	4782287,627	2739165,412	4782287,87	2739203,156	3430,692918	3 horas	29,50557655	35,57252976	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Pastos limpios Zonas pantanosas
T-H11	4784587,656	2736390,121	4785258,288	2737154,783	1948,008268	6 horas	69	93	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados Vegetación secundaria baja
T-H12	4784965,398	2736930,171	4785305,158	2737163,459	1659,957716	2 horas	53,22365078	92,46210971	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados Vegetación secundaria baja
T-H13	4784271,266	2737646,015	4784248,753	2737671,196	1218,480441	3 horas	35,54549353	43	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados
T-H14	4784376,305	2739988,619	4784429,059	2740710,768	2159,781453	4 horas	38	45	USIACURÍ	Bosque de galería y/o ripario Cuerpos de agua artificiales Pastos arbolados Pastos limpios Vegetación secundaria alta Vegetación secundaria baja
T-H15	4782270,987	2737816,23	4782293,984	2737815,044	1183,132735	3 horas	26	33	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados Zonas pantanosas
T-H16	4786549,072	2738585,212	4786557,066	2737748,642	1173,335186	4 horas	43,07186534	55,06062866	SABANALARGA	Bosque de galería y/o ripario Pastos arbolados Zonas pantanosas

Fuente: HS&E S.A.S., 2024

FIGURA 2-28 RECORRIDOS DE OBSERVACIÓN Y CAPTURA DE ANFIBIOS Y REPTILES EN EL ÁREA DE INTERVENCIÓN



Fuente: HS&E S.A.S., 2024

➤ **Fase Post Campo (Procesamiento y análisis de la información recopilada)**

- Composición de especies

Para analizar la estructura y composición de especies de cada uno de los grupos de fauna silvestre: anfibios, reptiles, aves y mamíferos, se construyó una tabla con las especies registradas en el área de influencia con todos los atributos presentados.

TABLA 2-33 TABLA PARA REPORTE DE LAS ESPECIES REGISTRADAS MEDIANTE INFORMACIÓN PRIMARIA

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL	ABUNDANCIA	HABITO DE VIDA	PERIODO ACTIVIDAD	GREMIO TRÓFICO	TIPO DE REGISTRO	COBERTURA
ORDEN SQUAMATA								
FAMILIA DACTYLOIDAE								
<i>Anolis fuscoauratus</i>	Lagartija	0-100	5	T	Diurno	In	Ob	Bg

Fuente: UT PLARE – GEOESTUDIOS 2023

- Información bioecológica por grupo taxonómico
 - ✓ Información taxonómica

Se relacionará la información taxonómica al nivel más preciso, relacionando en la primera columna el nombre de la especie, en las filas antecesoras la información de la familia y orden a la que pertenece. La base de nomenclatura para este listado debe ser acorde al utilizado en la caracterización de cada grupo taxonómico dentro del AI. En caso de no presentarse entidades taxonómicas con un nivel específico, las morfoespecies presentadas deben seguir las normas del código de nomenclatura zoológica⁶⁵.

- Nombre común

Todas las especies relacionadas en los listados se les debe asignar un nombre común, con base en la información primaria y/o secundaria consultada por grupo taxonómico. En caso de existir varios nombres comunes asignados a la misma especie, se debe dar prelación a la asignación del nombre común de la población del área de influencia y registrado en el proceso de elaboración de las encuestas, si no es asignado nombre común por los pobladores se citará el nombre consignado en estudios regionales o más cercanos al área de estudio. Es válido asignar más de un nombre común por especie. En caso de no poseer información en ninguna fuente bibliográfica se puede asignar el nombre común que a criterio del profesional asignado a la caracterización conozca de acuerdo con su experiencia profesional o en caso contrario por medio de una nota al pie de la tabla se aclare que no se posee información al respecto.

⁶⁵ Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica. 2000. Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. Cuarta Edición. En línea. [<http://www.sam.mncn.csic.es/codigo.pdf>]

- Distribución altitudinal

Se asignarán los valores de distribución altitudinal de acuerdo con las fuentes bibliográficas consultadas asignando un rango p.e. 100 – 2000, siempre separados por una raya al medio. De presentarse rangos altitudinales a partir de 0 metros se relacionará el mismo hasta la altura relacionada para la especie. Si no existe información relacionada en las fuentes bibliográficas, se debe relacionar con una nota al pie este vacío de información.

- Abundancia

Esta casilla se refiere al total de observaciones y/o registros por especie. Se debe tener en cuenta que los registros por medio de encuestas no serán cuantificados en esta casilla.

- Hábito de vida

De acuerdo con la ecología registrada en fuentes bibliográficas se asignará el hábito de vida mayormente sustentado para cada una de las especies.

- Periodo de actividad

Se referenciará el periodo de actividad de las especies, los cuales pueden ser diurnos, nocturnos, crepusculares o sin un periodo preferente.

- Gremio trófico

Se asignará el gremio trófico referenciado en la bibliografía para cada una de las especies, estas categorías serán concordantes con el solicitado en la base de datos geográficos del estudio.

- Tipo de registro

Por medio de siglas, las cuales serán relacionadas al final de la tabla en el cuadro de convenciones de cada uno de los tipos de registro por grupo taxonómico.

- Asociación a cobertura

Se relacionarán las coberturas sobre la cual se realizó el registro de cada una de las especies mediante información primaria. Para el caso de las especies registradas exclusivamente por encuestas se realizará la homologación del hábitat y/o ecosistema mencionado por la comunidad.

✓ Curvas de acumulación de especies

Para cada grupo de fauna se construirán las curvas de acumulación de especies siguiendo los lineamientos de Villareal *et al.* (2006⁶⁶), es decir, aplicando el software *EstimateS*. Las curvas se construirán por separado cada grupo de fauna, con datos de [distribución de especies por unidad de cobertura](#) (estimadores CHAO2, Jackknife1, Jackknife2 y Bootstrap) porque éstos no presentan el sesgo innato a la técnica y al esfuerzo de muestreo invertido, [siendo la muestra de analisis las unidades de cobertura vegetal](#).

⁶⁶ VILLARREAL H., M. ÁLVAREZ, S. CÓRDOBA, F. ESCOBAR, G. FAGUA, F. GAST, H. MENDOZA, M. OSPINA & A.M. UMAÑA. *Ibid.*



**ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE
LICENCIA NO. 1 DEL PROYECTO “ATLÁNTICO
PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE
EVACUACIÓN DE 500 KV”**

Se calculará el porcentaje de representatividad del muestreo, partiendo de los valores de riqueza considerados con cada estimador y comparándolos con el valor obtenido de riqueza para los datos de campo (Sobs) **obteniendo como mínimo una efectividad del 85%**, comparando la riqueza de especies entre cada uno de los hábitats, mediante análisis con los índices de dominancia, equidad y similitud.

✓ Estimaciones de diversidad alfa y beta

- Riqueza de especies (R)

Si se entiende a la diversidad Alfa como la existencia de diferentes especies dentro de un hábitat particular, entonces una caracterización del número de especies de un sitio (índices de riqueza específica) es suficiente para describir la diversidad Alfa, entendida como el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad, sin necesidad de una evaluación del valor de importancia de cada especie dentro de la comunidad. La representación gráfica de esta riqueza se asume como el valor del número de especies al cual una curva de acumulación de especies alcanza la asíntota.

- Índice de dominancia (Simpson)

Tiene en cuenta las especies que están mejor representadas (dominan) sin tener en cuenta las demás. El índice de Simpson (λ) muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie.

$$\lambda = \sum \left(\frac{n^2}{N^2} \right) = \sum p_i^2$$

Donde p_i = abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

- Índice de equidad (Shannon- Wiener)

Tiene en cuenta la abundancia de cada especie y qué tan uniformemente se encuentran distribuidas. El índice de Shannon- Wiener (H') asume que todas las especies están representadas en las muestras y que todos los individuos fueron muestreados al azar; indica que tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas.

Donde p_i = abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad \text{y} \quad \sum p_i = 1$$

Puede adquirir valores entre cero (0) cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Puede verse fuertemente influenciado por las especies más abundantes.

- Índice de similitud de Jaccard

El coeficiente de similitud de Jaccard expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad, que se refiere al cambio de especies entre dos estaciones (Magurran 1988⁶⁷). El intervalo de valores para el índice de Jaccard va de 0, cuando no hay especies compartidas entre ambas estaciones, hasta 1, cuando dos estaciones tienen la misma composición de especies. Este coeficiente se obtuvo según la siguiente expresión:

⁶⁷ MAGURRAN, A. E. Ecological diversity and its management. Princeton University Press, New Jersey. 1988. 179 pp.

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde a = número de especies presentes en el sitio A, b = número de especies presentes en el sitio B y c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

- ✓ Asociación de especies a coberturas vegetales

Se definieron las especies asociadas a cada cobertura vegetal presentes en el AI, a las registradas con información primaria.

A partir de la matriz de datos de campo, para cada grupo de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) se construyó una gráfica de barras combinadas, donde se presenta la riqueza de especies (en porcentaje) exclusivas vs compartidas, presente en cada tipo de cobertura vegetal para fauna silvestre. Las especies exclusivas son aquellas que podrían ocupar una sola cobertura vegetal, mientras que las compartidas son aquellas que podrían ocupar más de una cobertura. Se realizó un análisis amplio de esta gráfica.

Posteriormente se construyó una gráfica de barras apiladas para presentar la riqueza de especies (agrupadas por órdenes o familias según sea el caso), en cada cobertura vegetal adicionalmente realizando el análisis por coberturas. La discusión de los resultados presentados en la gráfica puede soportarse con los resultados del dendrograma y análisis de similitud.

- ✓ Estructuras tróficas y relaciones ecológicas

Cada especie registrada en el área de intervención se relacionó con un gremio alimentario o dieta. Los gremios alimentarios que deben manejarse en cada uno de los grupos de fauna silvestre están acordes a los dominios establecidos en la GeoDataBase. Los gremios tróficos se definieron de acuerdo con la literatura especializada para cada grupo faunístico, los cuales fueron homologados con los dominios de la GDB del estudio. Sin embargo, algunos gremios no están contemplados en la GDB, pero aun así se reportaron, es el caso de los carroñeros, hematófagos, nectarívoros, y granívoros. Así mismo y dadas las características de algunas especies, fue posible reportar combinaciones de gremios: Fru-Ins, Fru-Her, Car-Ins, para aquellas especies cuya dieta tiene proporciones similares en dos gremios. Aquellas especies que puedan pertenecer a tres o más gremios se consideran Omnívoros (Omn).

Partiendo de los registros de las especies de cada grupo, se construyó una gráfica en barras apiladas de la riqueza de especies (%) vs. cada gremio, para establecer la dominancia de determinadas categorías. La discusión se realizó resaltando aquellos gremios alimentarios con mayor riqueza de especies, explicando el porqué del resultado, y así mismo con los de menor riqueza. También se discutió dentro de cada gremio alimentario, el Orden/Suborden o Familia con mayor y menor Riqueza. Se presentan fotografías de las especies más representativas de cada gremio alimentario.

La discusión giró en torno a las posibles cadenas tróficas que se presentaron, es decir, los carnívoros que son el tope de una cadena trófica teórica, en el área de influencia del proyecto están representados por X, y Y especies, que pueden llegar a ser comunes o raras en la zona, esto puede determinar que algunas de sus presas (consumidores primarios y secundarios) tales como X y Y especies, pueden considerarse comunes o raras en la zona.

Discutir la posibilidad de competencia interespecífica entre taxones que comparten los mismos gremios, hábitos de vida, coberturas vegetales.

Por otro lado, se realizó el análisis de hábitos de vida pues esta es una variable que en la mayoría de los grupos es determinante en su adaptación a las condiciones del medio, y las posibles afectaciones al mismo tendrán repercusión de manera diferencial sobre cada uno de ellos. Cada grupo de fauna tendrá su propia clasificación de hábitos, así para los mamíferos se siguen aquellos propuestos por Martin et al. (2001⁶⁸): terrestres, arborícolas, semiarborícolas, voladores, acuáticos, semiacuáticos, fosoriales, semifosoriales. Para este análisis se realizó graficas en barras apiladas presentando la riqueza de especies (agrupadas por Órdenes o Familias según sea el caso) en cada hábito de vida, resaltando los más importantes y su correspondiente justificación de acuerdo con la historia natural de las especies. Se presentarán fotografías de las especies más representativas de cada hábito de vida.

- Especies de importancia ecológica (amenazadas, migratorias, endémicas) y socioeconómica (uso local y en veda)

Para cada grupo taxonómico (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) se generó una tabla con las especies catalogadas como amenazadas, endémicas, migratorias, en veda y de importancia socioeconómica.

- ✓ Especies amenazadas

Las especies registradas con algún grado de amenaza en Colombia se registraron según los listados publicados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en su Resolución 1912 del 2017 y la serie de libros rojos de Colombia (Rueda-Almonacid et al. 2004, Morales-Betancourt et al. 2015, Renjifo et al. 2014, Rodríguez-Mahecha et al. 2006) y demás normativa vigente.

- ✓ Especies en veda

Para la información referente a especies de fauna silvestre en veda, se tendrán en cuenta las especies presentes en el área de intervención, que sean reconocidas en la Resolución 0787 de junio 22 de 1977, del antiguo Inderena, actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

- ✓ Especies endémicas

Partiendo de la bibliografía especializada existente por grupo (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), se identificaron las especies con carácter endémico. Para el grupo de aves

⁶⁸ MARTIN, R. E., R. H. PINE & A. F. DE BLASE. 2001. A manual of Mammalogy. Third Edition. McGraw Hill Companies, Inc. New York. 333 p.

existe el artículo de Chaparro et al. (2013⁶⁹), Rueda-Almonacid et al. (2007⁷⁰) para tortugas y cocodrilianos, y para los mamíferos los artículos de Solari et al. (2013⁷¹) y Ramírez-Chaves et al. (2014⁷², 2016⁷³). Para los demás grupos se realizaron revisiones de las bases de datos online.

- Especies migratorias

Las especies migratorias fueron definidas de acuerdo con las publicaciones de Naranjo et al. (2012⁷⁴) para aves, Amaya & Zapata (2014⁷⁵) para mamíferos, y Rueda-Almonacid et al. (2007⁷⁶) para tortugas y cocodrilianos.

- Especies de uso local e importancia socioeconómica

Los usos locales y posibles presiones de las especies reportadas en el área de influencia del proyecto, se presentan a partir de las entrevistas estructuradas realizadas a los pobladores locales entre el 5 y 9 de mayo del 2023. Lo anterior, además de la experticia del profesional a cargo de cada grupo de fauna silvestre, da como resultado que se genere información veraz de la fauna silvestre presente en el lugar.

2.3.3.3 Medio Socioeconómico

La Elaboración del Estudio De Impacto Ambiental (EIA) - Modificación de Licencia no. 1 del proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 Mw junto a su Línea de Evacuación de 500 kV” tiene en cuenta lo referente a la participación comunitaria consagrado en la Constitución Política de Colombia; el Decreto Único 1076 de 2015, emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en referencia al “Artículo 2.2.2.3.3.3 participación de las comunidades”, que señala, “se deberá informar a las comunidades el alcance del proyecto, con énfasis en los impactos y las medidas de manejo propuesta...” Adicionalmente, lo

⁶⁹ CHAPARRO-HERRERA, S., M. A. ECHEVERRY-GALVIS, S. CÓRDOBA-CÓRDOBA & A. SUA-BECERRA. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. Biota Colombiana, 14(2): 235-272.

⁷⁰ RUEDA-ALMONACID, J. V., J. L. CARR, R. A. MITTERMEIER, J. V. RODRIGUEZ-MAHECHA, R. B. MAST, R. C. VOGT, A. RHODIN, J. DE LA OSSA-VELASQUEZ, J. N. RUEDA & C. COETTSCH-MITTERMEIER. 2007. Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos y del trópico. Conservación Internacional. Serie de Guías Tropicales No. 6. Editorial Panamericana. Bogotá D.C Colombia. 538 p.

⁷¹ Solari S, Muñoz-Saba Y, Rodríguez-Mahecha JV, Defler T, Ramírez-Chaves HE, Trujillo F. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. Mastozool neotrop. 2013;20(2):301-365.

⁷² RAMÍREZ-CHAVES H. E. & A. F. SUAREZ-CASTRO. 2014. Adiciones y cambios a la lista de mamíferos de Colombia: 500 especies registradas para el territorio nacional. Mammalogy Notes. Notas Mastozoológicas Sociedad Colombiana de Mastozoolología Vol. 1 Num. 2.

⁷³ RAMÍREZ-CHAVES H. E., A. F. SUAREZ-CASTRO & J. F. GONZÁLEZ-MAYA. 2016. Cambios a la lista de mamíferos de Colombia. Mammalogy Notes. Notas Mastozoológicas. Sociedad Colombiana de Mastozoolología. Vol. 3 Num. 1.

⁷⁴ Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento (Editores). 2012. Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. 708 p.

⁷⁵ Amaya-Espinel, J. D. & L. A. Zapata (Editores). 2014. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Insectos, murciélagos, tortugas marinas, mamíferos marinos y dulceacuícolas. Vol. 3. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF-Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. P. 370.

⁷⁶ Op. cit.

indicado en la Sección 3, “*Estudios Ambientales*”, y Sección 5, “*Estudio de Impacto Ambiental*”, en donde reglamenta lo relacionado con el proceso de licenciamiento ambiental y establece que los EIA deben contar con una “*caracterización del área de influencia del Proyecto, para los medios abiótico, biótico y socioeconómico*”.

Las metodologías empleadas para el desarrollo del estudio se definieron en función de los alcances esperados del estudio exigidos por los TdR-15 (Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en Proyectos de Uso de Energía Solar Fotovoltaica), los TdR-17 (Términos de Referencia para la Elaboración del EIA Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica) y de la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, para el desarrollo del Medio Socioeconómico de la presente Modificación de la Licencia Ambiental Res. 01270 de 2021.

Los instrumentos de recolección de información consideran las fuentes de información primaria y secundaria y los métodos de caracterización y análisis social como elementos importantes para la realización del EIA.

Se tienen como objetivos de este componente los siguientes:

- Acceder a la información socioeconómica, cultural y política de las comunidades no étnicas del área de influencia del proyecto, identificando su relación con el proyecto.
- Propiciar espacios de participación y construcción con las comunidades no étnicas y autoridades municipales del área de influencia del proyecto, a fin de dar a conocer la información relacionada con el estudio ambiental y las características del proyecto a ejecutar, evaluar los posibles impactos a ser generados por el proyecto y entregar los resultados de dichos espacios a las comunidades involucradas.
- Identificar a través de la construcción colectiva con los actores sociales del área de influencia, información primaria que contribuya a la caracterización de la zona en los diferentes componentes del medio socioeconómico establecido en los términos de referencia.

A continuación, se presentan las metodologías empleadas en el estudio en función de los alcances del análisis del Medio Socioeconómico:

2.3.3.3.1 *Caracterización Socioeconómica*

En función del objetivo de la Modificación que es revisar, actualizar y complementar la información de la caracterización de la población del área de intervención y del contexto territorial municipal se desarrolló un ejercicio de consulta a las fuentes primarias oficiales en temas demográficos, de salud, educación, infraestructura, cultura, y sociopolíticos.

Para la actualización de la información de las unidades prediales (que en este proyecto conforman el área de influencia) se acudió primeramente a la información recabada por los gestores prediales del proyecto en temas catastrales que a su vez tuvieron a su cargo la construcción de acuerdos y formulación de los contratos de arrendamiento y de constitución de servidumbres. Es importante mencionar que el proceso de gestión de servidumbre (caso específico de los predios de la línea de evacuación) se dio inicio una vez el proyecto contó con la Licencia Ambiental Res. 01270 de 2021. En este proceso de estudio de títulos y de levantamiento topográfico se identificaron algunas novedades frente a la información

reportada en las bases catastrales del IGAC (que son la fuente del EIA para este aspecto), como es usual con información tan dinámica como es esta.

En el marco de la modificación se partió de esta información y se desarrolló complementariamente una visita en campo de observación de las condiciones de uso y una entrevista de caracterización sociopredial a los ocupantes de los predios en el mes de mayo de 2023. El registro fotográfico de soporte de estos cuatro encuentros se presenta en el capítulo de lineamientos de Participación en el aparte 5.3.1.1 Socialización primer momento inicio de los estudios.

En el caso del Corregimiento de Isabel López se diligenció una encuesta detallada con líderes de la comunidad que permitió actualizar y complementar la información del EIA.

➤ **Lineamientos de participación**

Se propiciaron tres espacios para asegurar la participación social y para socializar los alcances de la Modificación de la Licencia Ambiental a autoridades, entidades y comunidades del área de influencia. El proceso metodológico implementado está documentado y acompañado de sus registros anexos. Los Lineamientos de participación se refieren a tres momentos: 1. Reunión de socialización de inicio (momento 1); 2. Socialización de avances y taller de evaluación de impactos (momento 2) y 3. Entrega de resultados (momento 3). (ver **Anexo_3. Soporte Técnico/3.8 Social**)

Para cada uno de ellos, se hicieron convocatorias, presentaciones formales, listado de asistencia, acta de la reunión aprobada por los asistentes con registro de las inquietudes, preguntas y comentarios, registro fotográfico. Se dejó copia a cada los asistentes.

- Primer momento de socialización

Previo a la ejecución de las actividades de campo de recolección de información del componente socioeconómico de esta modificación de la licencia ambiental, se realizaron acciones de acercamiento y construcción de confianza con los actores sociales del proyecto, que tras conocer el alcance del estudio para la modificación de la licencia ambiental facilitaron el que hacer, el acceso, y la planeación de las actividades del estudio ambiental.

En el mes de mayo de 2023, tras los primeros contactos se acordaron las fechas de las reuniones y se entregaron las convocatorias a las autoridades de Sabanalarga y Usiacurí, y a las organizaciones sociales (Asojuntas y Junta de Acción Comunal de Isabel López). Se atendieron inquietudes y se hicieron aclaraciones sobre los objetivos, alcance de los estudios de la modificación (ver **Tabla 2-34**).

TABLA 2-34 RESUMEN DE CONVOCATORIA Y PRIMER MOMENTO DE SOCIALIZACIÓN

FECHA CONVOCATORIA	FECHA REUNIÓN	ACTORES PRESENTES
4- 9 mayo	09/05/23 Actores institucionales Sabanalarga	Secretaría de Desarrollo Integral y Secretaría de Gobierno. 4 asistentes
4 -9 mayo	10/05/23 Actores institucionales Usiacurí	Secretario de Planeación Ingeniero Eduardo Amaranto, a la Personera Municipal Dra. Paola Zapata, 7 Concejales y el presidente de la Asociación de las Juntas de Acción comunal, don Héctor Padilla, Medio Ambiente. 12 asistentes

FECHA CONVOCATORIA	FECHA REUNIÓN	ACTORES PRESENTES
4-9 mayo	09/05/2023 Comunidad y líderes de Corregimiento Isabel López	Presidenta JAC Diana Carolina Peña, miembros de la JAC, Concejal Ena Redondo, Inspectora de Policía Mildred Ramos, comunidad. 18 asistentes
17 de mayo	Información escrita	Se enviaron comunicaciones informativas a los ocho propietarios de las unidades prediales del área de intervención por proyecto y su línea de transmisión
17 de mayo	Oficio	Dr. Jesús León Insignares CRA

Fuente UT Plare – Geoestudios, 2023.

Para este primer momento de socialización se hicieron tres reuniones de inicio en las que se brindó información de manera clara, comprensible y oportuna relacionada con las características técnicas, actividades y alcance de las modificaciones que serán incluidas al proyecto licenciado. Así mismo se dio a conocer a los actores institucionales y de la comunidad, el objetivo y alcance del estudio de impacto ambiental para la modificación de Licencia No. 1 del proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV”, etapas, obras y actividades del proyecto, normativa que enmarca la realización del estudio, así como alcance del estudio a desarrollar y el propósito de participación y el procedimiento metodológico a desarrollar.

Se dejaron registros de asistencia y fotográficos, y se entregó un acta a los asistentes que consignó lo presentado y se registraron las preguntas elevadas y sus respuestas, cuyo recibido se recogió también (ver **Anexo_3- Soporte Técnico/3.8.1 Momento 1**).

De manera complementaria y para informar sobre el inicio de los estudios a los propietarios de predios del área de intervención se entregó un comunicado a cada uno de ellos, donde se explicó el objetivo de la modificación y el alcance de los estudios ambientales previstos. (ver **Anexo_3. Soporte Técnico/3.8.1 Momento 1/Predios del AI**)

Se hizo también un comunicado para la Corporación Autónoma de Atlántico, donde se explicó también el alcance de los estudios y se notificó el inicio del estudio de modificación a la autoridad regional. (ver **Anexo_3. Soporte Técnico/3.8.1 Momento 1/CRA**)

- Segundo momento de socialización y participación

Teniendo en cuenta lo señalado en los términos de referencia TdR - 015, en donde se especifica realizar el diagnóstico situacional, la metodología diseñada incluyó un segundo momento de socialización de este estudio de impacto ambiental para la modificación de Licencia No. 1 del proyecto “Atlántico Photovoltaic de 199,5 MW junto a su línea de evacuación de 500 kV”. Se brindó información sobre la caracterización ambiental y se retomó el proyecto y sus fases y actividades, caracterización ambiental, zonificación ambiental y de manejo, permisos solicitados para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales (ocupaciones, aprovechamiento forestal), y planes de manejo y seguimiento.

Igualmente se generó un espacio en el que se identificaron impactos y se socializaron las medidas de manejo ambiental correspondientes, como se describe en la sección de Evaluación de Impactos.

Estas reuniones se hicieron con la metodología de talleres participativos y se realizaron en julio de 2023 también dirigidos a las autoridades ambientales de Sabanalarga y Usiacurí y a los representantes de la comunidad de Isabel López. Se realizaron convocatorias previas, se hizo una presentación exponiendo los objetivos y se describieron las actividades de modificación explicando sus alcances técnicos y mostrando el proceso constructivo.

TABLA 2-35 RESUMEN DE CONVOCATORIA Y SEGUNDO MOMENTO DE SOCIALIZACIÓN

FECHA CONVOCATORIA	FECHA REUNIÓN	ACTORES PRESENTES
29 - 30 de junio	4 julio de 2023 Actores institucionales Usiacurí	Alcaldesa Dra. Katherine Pasos, el secretario de planeación Ing. Eduardo Amaranto, funcionarios de la alcaldía de medio ambiente, UMATA y del concejo municipal. 8 asistentes
29 de junio	5 julio de 2023 Actores institucionales Sabanalarga	Concejales, Personero Municipal, Secretaría de Desarrollo Integral, S. Interior 8 asistentes
28 de junio	6 de julio de 2023 Junta de Acción Comunal Isabel López	Presidenta de JAC Diana Carolina Peña, Inspectora de Policía Mildred Ramos, Junta de Acción, comunidad. 17 asistentes
21 de julio	27 de julio de 2023	Propietarios de predios del área de intervención del proyecto y su servidumbre por la línea de evacuación.

Fuente UT PLARE – GEOESTUDIOS, 2023.

Se hizo una breve presentación de los conceptos de impacto ambiental, de las dimensiones ambientales y de las medidas de manejo, con el fin de homologar las nociones. Paso seguido se explicaron las reglas del taller y se procedió a la identificación de los impactos y medidas de manejo, guiando el proceso por medios y relacionando el análisis continuamente con las actividades de la modificación.

Se dejó registro mediante acta y fotografías de cada evento, se levantaron listas de asistencia, se realizó una evaluación de los talleres y se construyeron matrices por dimensiones en cada reunión. (ver **Anexo_3. Soporte Técnico/3.8.2 Momento 2**).

- Tercer momento de socialización

Teniendo en cuenta lo señalado en los términos de referencia TdR-015 y acorde con lo presentado desde el primer encuentro con las comunidades, se realizó el tercer momento de reunión de socialización participativa con los actores del área de influencia del proyecto. En este tercer encuentro se presentaron los resultados de las actividades realizadas en el Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto.

TABLA 2-36 RESUMEN DE CONVOCATORIA Y TERCER MOMENTO DE SOCIALIZACIÓN

FECHA CONVOCATORIA	FECHA REUNIÓN	ACTORES PRESENTES
15- 19 septiembre	21/09/23 Actores institucionales Sabanalarga	Alcaldesa Dra. Katherine Pasos, el secretario de planeación Ing. Eduardo Amaranto, funcionarios de la alcaldía de medio ambiente, UMATA y del concejo municipal. 8 asistentes

FECHA CONVOCATORIA	FECHA REUNIÓN	ACTORES PRESENTES
15- 19 septiembre	22/09/23 Actores institucionales Usiacurí	Concejales, Personero Municipal, Secretaría de Desarrollo Integral, S. Interior 8 asistentes
15- 19 septiembre	21/09/23 Junta de Acción Comunal Isabel López	Presidenta de JAC Diana Carolina Peña, Inspectora de Policía Mildred Ramos, Junta de Acción, comunidad. 17 asistentes
06 -20 marzo 2024	12/03/24 Actores institucionales Sabanalarga	Personero Municipal
	21/03/24 Actores institucionales Sabanalarga	El secretario de desarrollo Wilman Muñoz y funcionarios de la alcaldía enlace sector energético, secretario de gobierno y concejo municipal. 3 asistentes
06 -11 marzo 2024	11/03/24 Actores institucionales Usiacurí	El Alcalde Julio Mario Calderón Padilla, funcionarios de la alcaldía Jefe Planeación y turismo, Personera y presidente ASOJUNTAS 4 asistentes
	18/03/24 Actores institucionales Usiacurí	Presidente concejo y concejales 8 asistentes

Fuente UT PLARE – GEOESTUDIOS, 2023.

- Evaluación de impactos de las modificaciones y medidas de manejo

Siguiendo la metodología CONESA (2010) tal como se destalla en el Capítulo 8 Evaluación Ambiental, se evaluaron los impactos socioeconómicos, culturales y ambientales que pudieran producirse por efecto de las modificaciones introducidas al proyecto.

La metodología específica relacionada con el Medio Socioeconómico incluyó un ejercicio participativo con autoridades, organizaciones sociales, ministerio público, concejos municipales, líderes comunitarios, y los propietarios de los predios en el Área de las intervenciones. En los talleres se pusieron a consideración las obras a modificar y se invitó a los asistentes a aportar desde su percepción como directos conocedores de su territorio, su opinión sobre los impactos que pudieran generarse. Igualmente se presentó la evaluación de impactos del EIA y se indagó sobre las recomendaciones de los asistentes para su validación o complementación si así lo consideraban necesario.

Adicionalmente se recogieron propuestas de medidas de manejo complementarias para prevenir, mitigar, controlar y compensar los impactos. Con esta información se complementaron las fichas del EIA.

2.3.3.4 Paisaje

Se retomó la información presentada en el EIA 2021, por tanto, la descripción del componente obedece a lo evaluado y aprobado por la Autoridad mediante la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021.

A continuación, se extrae la metodología que se utilizó para el desarrollo del componente.

A partir de recorridos en campo y análisis cartográficos, se identifican diferentes elementos que componen el paisaje en el área de estudio, con base en los cuales será posible definir

el estado actual de las condiciones que describen el entorno. Esta descripción también se aborda desde la percepción social que se configuró a partir de lo identificado en el sitio. Entre los elementos identificados, encontramos:

- Cobertura de pastos limpios y arbolados.
- Cuerpos de agua artificiales (Jagüeyes).
- Planicie aluvial.
- Actividades agropecuarias.

2.3.3.4.1 Unidades de Paisaje

Para la evaluación del paisaje en el área de influencia del proyecto, se definieron las unidades de paisaje regional con base en la metodología de (Villota, H; Botero, 1992), en la cual para su evaluación se propone un sistema con estructura piramidal, como se presenta en la siguiente figura.

FIGURA 2-29 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN FISIOGRÁFICA DEL PAISAJE



Fuente, EYC GLOBAL S.A.S., 2019

Adicionalmente, se realizó una zonificación ecológica que delimitó las unidades del paisaje, partiendo de un análisis fisiográfico del área de estudio. Para esto se incluyen los elementos ambientales que influyen en la génesis de las geoformas, estableciendo un sistema de categorías jerarquizadas, partiendo de lo general a lo particular, como se enumera a continuación:

- 1) Provincia fisiográfica.
- 2) Unidad climática.
- 3) Gran paisaje.
- 4) Paisaje.
- 5) Subpaisaje.

Entre las unidades de paisaje identificadas están:

- Lomerío Fluvio Gravitacional de Clima Cálido Seco.
- Lomerío Estructural Erosional de Clima Cálido Seco.
- Planicie Aluvial de Clima Cálido Seco.

2.3.3.4.2 Percepción del paisaje

Para caracterizar el componente paisajístico a nivel local, se realizaron diferentes análisis, los cuales permitieron de manera amplia y detallada tener una idea del paisaje desde un enfoque de percepción y desde el análisis de los elementos que lo componen. El análisis desde el enfoque visual se concentró en definir lo que el observador puede percibir de la superficie observable, y de ahí se despliegan dos análisis: el primero enfocado en lo que el observador puede ver de su entorno desde la cuenca visual, y el segundo análisis, enfocado en la valoración que hace de los elementos que componen el paisaje desde su calidad, fragilidad y discordancia. Ambos análisis y sus resultados se describen a continuación.

2.3.3.4.3 Análisis de visibilidad

El análisis de visibilidad se realizó a partir de un modelo de digital de terreno (DTM – por sus siglas en inglés) y la definición de puntos dentro de las áreas de intervención, los cuales con ayuda del software ArcGIS se ingresaron en el modelo de análisis para obtener las áreas desde las cuales pudiese observarse el proyecto dentro de un rango de 1 km (Like JIANG, 2015). Esta distancia se define como aquella en la que se pueden percibir impactos significativos con respecto a los cambios en el entorno visual⁷⁷.

Los puntos seleccionados para utilizar en el análisis como observadores corresponden a equipamientos, es decir, a las viviendas que se encuentran en el área de influencia del componente paisajístico. Teniendo los observadores definidos, se hizo el análisis de visibilidad con base en el MDT que tiene una resolución de 1 m. Se obtuvieron las áreas visibles para cada uno de los observadores dentro de un rango de 1 km a partir del área de intervención del proyecto, en la cual, las obras ejecutadas producirán una modificación perceptible sobre el entorno visual.

Adicional a lo anterior, se precisa que el modelo sólo tiene en cuenta la topografía y las zonas de intervención del proyecto, por lo que este análisis no incluye barreras visuales (bosques, barreras vivas o edificaciones).

2.3.3.4.4 Calidad paisajística

La calidad paisajística corresponde al valor relativo que se le asigna a cada unidad de paisaje de acuerdo con las condiciones ambientales, sociales, culturales o visuales.

Para el cálculo de la calidad paisajística en el área de influencia, se realizó una evaluación a partir de las unidades de la superficie de la tierra relativamente homogéneas, sus

⁷⁷ Delgado, S. 2003. Metodología para la realización de los estudios de impacto paisajístico en líneas eléctricas de transporte. Universidad Politécnica de Madrid.

condiciones ambientales y sus componentes paisajísticos. Este análisis fue elaborado con un método multicriterio en el cual se consideraron las variables y criterios de calidad listados en la **Tabla 2-37**. Mediante estas variables se incluyó información cualitativa y cuantitativa de tipo ambiental, social y biológica para definir la calidad paisajística total del área de influencia.

TABLA 2-37 MATRIZ DE VALORACIÓN DE LA CALIDAD PAISAJÍSTICA

COMPONENTE	CALIDAD VISUAL DEL PAISAJE		
	Alta (3)	Media (2)	Baja (1)
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado y prominente, (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominantes.	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular.
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante.	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos.	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
Fauna	Presencia de fauna permanente en el lugar, o especies llamativas, o alta riqueza de especies.	Presencia esporádica en el lugar, o especies poco vistosas, o baja riqueza de especies.	Ausencia de fauna de importancia paisajística.
Agua	Factor dominante en el paisaje, apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje.	Ausente o inapreciable.
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico o similar a otros en la región.	Bastante común en la región.

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2020.

A través de un algebra de mapas se integraron las variables, de manera tal que su adición permite establecer la categoría de calidad paisajística correspondiente, de conformidad con la **Tabla 2-38**.

TABLA 2-38 CLASIFICACIÓN DE LA VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL PAISAJE

CATEGORÍA	VALORACIÓN
Alta	(14 - 18]
Media	(10 - 14]
Baja	[6 - 10]

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2020.

2.3.3.4.5 Fragilidad del paisaje

El análisis de los patrones de fragmentación del paisaje se llevó a cabo a través del cálculo de índices de fragmentación, utilizando el programa FRAGSTATS (McGarigal & Marks, 1995) y teniendo como variable de entrada el mapa de coberturas de la tierra sobre el área

de influencia del componente paisajístico. Dichos índices, describen la fragmentación del paisaje en términos de parches y la totalidad del mosaico de parches (unidad del paisaje).

Los índices utilizados se muestran en la **Tabla 2-39**.

TABLA 2-39 MÉTRICAS (ÍNDICES) UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS DE FRAGILIDAD PAISAJÍSTICA

MÉTRICAS	PARCHE	PAISAJE	DESCRIPCIÓN
Número de parches (NP)	X		Describe los parches generados por tipo de cobertura
Índice de proximidad (PROXIM)	X		Indica la distancia de cada parche con sus vecinos del mismo tipo, es decir, del mismo tipo de cobertura
Índice de diversidad de shannon (SHDI)		X	Describe la biodiversidad e irregularidad del paisaje

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2020.

➤ **Análisis de correspondencia cromática**

Se refiere al número de elementos discordantes presentes en cada unidad de paisaje, entre mayor sea el número de elementos discordantes mayor será el grado de afectación sobre la integridad escénica de la unidad en evaluación (**Tabla 2-40**).

TABLA 2-40 CLASIFICACIÓN ELEMENTOS DISCORDANTES

NÚMERO DE ELEMENTOS DISCORDANTES	CLASIFICACIÓN
0	Nulo
1	Bajo
2	Medio
≥3	Alto

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2020.

2.3.3.4.6 Sitios de interés paisajístico

De acuerdo con las visitas de campo realizadas durante el año 2019 por el equipo multidisciplinario que elaboró el estudio, se identificaron los sitios de interés paisajístico presentes en el área de intervención. Además, esta información primaria recolectada se complementó con los resultados del ejercicio de cartografía social realizado en el marco de los lineamientos de participación con las comunidades del área de influencia.

2.3.3.4.7 Proyectos dentro del componente paisajístico de la zona

Tomando como punto de partida las unidades de paisaje identificados en el área de intervención, así como las pendientes que presenta el terreno y las coberturas vegetales allí identificadas, se describieron las posibles afectaciones al paisaje de la zona por la inclusión del proyecto y sus diferentes obras e infraestructuras.

2.3.3.4.8 Percepción y valoración del paisaje por parte de las comunidades

Para describir la percepción y valoración de las comunidades en el área de influencia del proyecto del paisaje de la zona, se identificaron dos elementos relevantes para el análisis:

- Valoración escénica del paisaje.

- Observadores potenciales en el área de influencia.

2.3.3.4.9 Grupos con interés y uso sobre el paisaje

A partir de lo identificado en la línea base para el medio socioeconómico por medio de los lineamientos de participación y socialización con las comunidades se definieron los grupos con algún interés y uso sobre el paisaje del área de intervención del proyecto.

2.3.3.4.10 Programas, proyectos y planes relacionados con el paisaje

Para este numeral se tuvieron en cuenta los programas, proyectos y planes que pueden relacionarse con algún componente o variable del paisaje. Para ello, se utilizaron como fuentes de información el Plan de Gestión Ambiental Regional del Atlántico 2012 – 2022, el Plan de Desarrollo del municipio de Sabanalarga 2016 – 2019 y lo establecido en el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Complejo de Humedales del Canal del Dique.

2.3.3.5 Servicios ecosistémicos

Para este numeral, el presente Estudio tomó como información la del EIA, 2021, ya que dada la naturaleza de las actividades objeto de la modificación de licencia, este aspecto no tiene ninguna variación y afectación por las mismas.

2.3.4 Metodología Evaluación de impactos

La Evaluación de Impactos Ambientales para la presente modificación se elaborará con la Metodología utilizada para el EIA, 2021, en congruencia con el ejercicio previo y sus resultados, teniendo en cuenta que la naturaleza de los cambios y/o modificaciones no son nuevas actividades, sino cambios en diseños, especificaciones y localizaciones, que redundarán en variación en extensión y/o significancia, pero no constituyen impactos nuevos que no hayan sido ya evaluados y valorados.

2.3.4.1 Metodología para la Evaluación Con y Sin Proyecto

La metodología de valoración de impactos adoptada está basada en la metodología propuesta por Vicente Conesa Fernández – Vítora, y se considera del tipo numérico, cumpliendo con los tres (3) requisitos del modelo ideal de valoración (adecuación conceptual, adecuación de la información y adecuación matemática) (Conesa, 1996). Según el manual de evaluación de estudios ambientales (Ministerio del Medio Ambiente, 2002.) la metodología de Conesa, es un método cuantitativo propio para la elaboración de un EIA, ya que cumple con el criterio de ser una metodología con niveles moderados de sofisticación, además, teniendo en cuenta los términos de referencia establecidos por el ANLA establece que *“en razón al uso profuso de la metodología propuesta por Conesa (2010) como base para formular nuevos métodos de evaluación, se recomienda que éstas modificaciones hagan uso de las definiciones de los atributos que plantea la metodología de Conesa sin modificar los nombres y significados de los mismos, con el fin de facilitar el proceso de evaluación que efectúan las autoridades ambientales”*.

La metodología utiliza un esquema matricial para la valoración, en el cual se identifican los impactos de acuerdo con las etapas, actividades, aspectos ambientales, factores ambientales y medios en lo que se considera envuelto. La calificación de los impactos cumple con 11 parámetros serán descritos a continuación.

- **Signo o naturaleza:** el signo o naturaleza del impacto hace alusión al carácter beneficioso o perjudicial de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. (Conesa, 1996)

Cuando se identifica un impacto beneficioso se le asigna el signo (+) y cuando se identifica un impacto perjudicial se le asigna el signo (-).

- **Intensidad (I):** este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. El baremo de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que el 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1 una afección mínima. Los valores comprendidos entre dos términos reflejarían situaciones intermedias. (Conesa, 1996)
- **Extensión:** se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el impacto).

Si el aspecto produce un impacto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto parcial (2) y extenso (4).

En el caso de que el impacto sea puntual pero se produzca en un lugar crítico (vertido próximo y aguas arriba de una toma de agua, degradación paisajística en una zona muy visitada o cerca de un centro urbano, etc.), se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondería en función del porcentaje de extensión en que se manifiesta y, en el caso de considerar que es peligroso y sin posibilidad de introducir medidas correctoras, habrá que buscar inmediatamente otra alternativa al proyecto, anulando la causa que nos produce este impacto.

- **Momento (MO):** el plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (to) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor del medio considerado. (Conesa, 1996)

Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año, corto plazo asignándole en ambos casos un valor (4). Si en un periodo de tiempo que va de 1 a 5 años, Medio plazo (2) y si en efecto tarda en manifestarse más de cinco años, largo plazo, con valor asignado (1). (Conesa, 1996)

Sin concurrirse alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de una o cuatro unidades por encima de las especificadas (ruido por la noche en las proximidades de un centro hospitalario – inmediato, previsible aparición de una plaga o efecto pernicioso en una explotación justo antes de la recolección – medio plazo). (Conesa, 1996)

- **Persistencia (PE):** se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctas. (Conesa, 1996).

Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto Fugaz, asignándole un valor (1). Si dura entre 1 y 10 años,

Temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como permanente asignándole un valor (4) (Conesa, 1996).

La persistencia, es independiente de la reversibilidad. (Conesa, 1996).

Un efecto permanente (contaminación permanente del programa de un río consecuencia de los vertidos de una industria), puede ser reversible (el agua del río recupera su calidad ambiental al cabo de cierto tiempo de cesar la acción como consecuencia de una mejora en el proceso industrial), o irreversible (el efecto de la tala de árboles ejemplares es un efecto permanente irreversible ya que no se recupera la calidad ambiental después de llevar a cabo la tala). (Conesa, 1996).

Por el contrario, un efecto irreversible (pérdida de la calidad paisajística por destrucción de un jardín durante la fase de la construcción de un suburbano), puede presentar una persistencia temporal, (retorno a las condiciones iniciales por implantación de un nuevo jardín, una vez finalizadas las obras del suburbano). (Conesa, 1996)

Los efectos fugaces y temporales son siempre reversibles o recuperables.

Los efectos permanentes pueden ser reversibles o irreversibles, recuperables o irrecuperables.

Siendo,

t_0 = momento de aparición de la acción

t_f = momento de finalización de la acción

t_j = momento en que se inicia la manifestación del efecto

t_r = momento de retorno (desaparición del efecto)

t_{MC} = instante de instrucción de las MC

t_{rMC} = momento de retorno con MC

El tiempo de permanencia teórico genérico del efecto, respondería a la expresión

$$tp = tr - tj$$

El tiempo de permanencia (tiempo de reconstrucción) a partir de la inducción de medidas correctoras sería:

$$tp_{MC} = tr_{MC} - T_{MC}$$

El tiempo de permanencia de un efecto permanente es por definición

$$tp = tr - tj > 10 \text{ años}$$

Ahora bien, si es reversible, el tiempo de permanencia a partir del cese de la acción

$$t_{pR} = t_r - t_f < 10 \text{ años}$$

Si, por el contrario, el efecto es irreversible

$$t_{pI} = t_r - t_f > 10 \text{ años}$$

- **Reversibilidad (RV):** se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. (Conesa, 1996)

Si es a corto plazo, se le asigna un valor (1), si es a medio plazo (2) y si el efecto es irreversible le asignamos el valor (4). Los intervalos de tiempo que comprende estos periodos, son los mismos asignados en el parámetro anterior. (Conesa, 1996)

A efectos de reversibilidad la permanencia del efecto, responde a la siguiente expresión:

$$t_{PR} = t_r - t_f$$

- **Recuperabilidad (MC):** se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras). (Conesa, 1996)

Si el efecto es totalmente Recuperable, se le asigna un valor (1) o (2) según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si lo es parcialmente, el efecto es Mitigable, y toma un valor (4). Cuando el efecto es irrecuperable (alternación imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor (8). En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4). (Conesa, 1996)

Análogamente, el tiempo de reconstrucción respondería a la ecuación: $t_R = t_{rMC} - t_{MC}$ (tiempo de retorno a las condiciones iniciales menos tiempo de introducción de las medidas correctoras). (Conesa, 1996)

Se hace notar que es posible, mediante la aplicación de medidas correctoras, disminuir el tiempo de retorno a las condiciones iniciales previas a la implantación de la actividad por medios naturales, o sea acelerar la reversibilidad, y lo que es lo mismo disminuir la persistencia. (Conesa, 1996)

- **Sinergia (SI):** este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar a la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. (La dosis letal de un producto A, es DLA y la de un producto B, DLB. Aplicados simultáneamente la dosis letal de ambos productos DLAB es menor que DLA + DLB). (Conesa, 1996)

Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4). (Conesa, 1996)

Cuando se presenten casos de debilitamiento, la valoración del efecto presentara valores de signo negativo, reduciendo al final el valor de la importancia del Impacto. (Conesa, 1996)

- **Acumulación (AC):** este atributo de idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o retirada la acción que lo genera. (La ingestión reiterada de DDT, al no eliminarse de los tejidos, da lugar a un incremento progresivo de su presencia y de sus consecuencias, llegando a producir la muerte). (Conesa, 1996)

Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como (1). Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a (4). (Conesa, 1996)

- **Efecto (EF):** este atributo se refiere a la relación causa- efecto o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. (Conesa, 1996)

El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta. (La emisión de CO, impacta sobre el aire del entorno). (Conesa, 1996)

En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. (La emisión de fluorocarbonos, impacta de manera directa sobre la calidad del aire del entorno y de manera directa o secundaria sobre el espesor de la capa de ozono). (Conesa, 1996)

Este término toma el valor 1 en caso de que el efecto sea secundario y el valor 4 cuando sea directo.

- **Periodicidad (PR):** La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). (Conesa, 1996)

A los efectos continuos se les asignan un valor (4), a los periódicos (2) y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y a los discontinuos (1) (Conesa, 1996)

Un ejemplo de efecto continuo es la ocupación de un espacio consecuencia de una construcción. El incremento de los incendios forestales durante el estío es un efecto periódico, intermitente y continuo en el tiempo. El incremento del riesgo de incendios, consecuencia de una mejor accesibilidad a una zona forestal, es un efecto de aparición irregular, no periódico, ni continuo, pero de gravedad excepcional. (Conesa, 1996)

- **Importancia del impacto:** La importancia es la valoración cuantitativa que entrega la ponderación del impacto. Expresa la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental. Sólo se puede calcular cuando se han efectuado las calificaciones de los 11

parámetros antes descritos. De esta forma, la importancia se calcula con la ecuación expresada en la **Tabla 2-41**.

TABLA 2-41 IMPORTANCIA DEL IMPACTO

Importancia del impacto			
Naturaleza			Intensidad (I)
Impacto beneficioso	+		Baja 1
Impacto perjudicial	-		Media 2
			Alta 4
			Muy alta 8
			Total 12
Extensión (EX)			Momento (MO)
Puntual	1		Largo Plazo 1
Parcial	2		Medio Plazo 2
Extenso	4		Inmediato 4
Total	8		Crítico (+4)
Crítica	(+4)		
Persistencia (PE)			Reversibilidad (RV)
Fugaz	1		Corto plazo 1
Temporal	2		Medio plazo 2
Permanente	4		Irreversible 4
Sinergia (SI)			Acumulación (AC)
Sin sinergismo	1		Simple 1
Sinérgico	2		Acumulativo 4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)			Periodicidad (PR)
Indirecto (Secundario)	1		Irregular o aperiódico y discontinuo 1
Directo	4		Periódico 2
			Continuo 4
Recuperabilidad (MC)			Importancia (I)
Recuperable de manera inmediata	1		$I = Signo \times (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Fuente: V. Conesa Fernández – Vítora (2006)

La **Tabla 2-41** resume los valores que puede adoptar cada parámetro con el fin de cuantificar el impacto ambiental. La operación de calcular la importancia es una suma de los 11 valores, teniendo en cuenta que la intensidad (I) es triplicada, la extensión (EX) es duplicada, y se toma el signo (+ o -) de acuerdo a la naturaleza del impacto.

UT PLARE GEOESTUDIOS, realiza el cálculo de la importancia por medio de su programa “Matriz de Impacto Ambiental” el cual arroja automáticamente el resultado luego de seleccionar los valores de cada parámetro.

➤ **Relevancia del impacto**

Los valores de la importancia son agrupados en cuatro (4) rangos o intervalos que permiten definir la relevancia del impacto ambiental, la cual cualifica el impacto ambiental. De acuerdo con la **Tabla 2-42** se define la relevancia de acuerdo al valor de la importancia y se definen 2 clasificaciones distintas, una para impactos negativos y otra para impactos positivos.

Para cada relevancia se selecciona un color que permite diferenciar los rangos seleccionados entre los impactos evaluados.

TABLA 2-42 RELEVANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL

IMPORTANCIA	RELEVANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO	RELEVANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO
< 25	Irrelevante o compatible con el ambiente	Poco significativo
25 ≤ valor < 50	Moderado	Moderadamente significativo
50 ≤ valor < 75	Severo	Significativo
75 ≥ valor	Crítico	Muy significativo

Fuente: V. Conesa Fernández – Vítora (2006)

2.3.4.1 Evaluación ambiental de impactos acumulativos, sinérgicos y residuales

2.3.4.1.1 *Evaluación de impactos acumulativos*

De acuerdo con los resultados obtenidos en la valoración de impactos Con proyecto, que se desarrolló por medio de la metodología de Conesa Fernández – Vítora (1996), se listan en una tabla (ver **Tabla 2-43**), los impactos que para los criterios de Acumulación y Sinergia obtuvieron una calificación de 2 o 4.

TABLA 2-43 IMPACTOS ACUMULATIVOS Y SINÉRGICOS IDENTIFICADOS PARA EL PROYECTO

ETAPA	ID_IMPACTO	IMPACTO AMBIENTAL	CALIFICACIÓN DEL IMPACTO				
			Sinergia (SI)			Acumulación (AC)	
			Sin Sinergismo (1)	Sinérgico (2)	Muy Sinérgico (4)	Simple (1)	Acumulativo (4)
Previa (18 meses)	IMP_ABIO_01	Impacto 1					
	IMP_BIO_01	Impacto 2					
	IMP_SOC_01	Impacto 3					
Construcción y montaje (18 meses)	IMP_ABIO_01	Impacto 1					
	IMP_BIO_01	Impacto 2					
	IMP_SOC_01	Impacto 3					
Operación (30 años)	IMP_ABIO_01	Impacto 1					
	IMP_BIO_01	Impacto 2					
	IMP_SOC_01	Impacto 3					
Desmantelamiento y abandono (8 meses)	IMP_ABIO_01	Impacto 1					
	IMP_BIO_01	Impacto 2					
	IMP_SOC_01	Impacto 3					

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2020.adoptado por UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

Posteriormente, se expusieron los argumentos considerados por el equipo interdisciplinario para calificar los impactos como acumulativos y sinérgicos.

2.3.5 Evaluación económica en el proceso de evaluación de impacto ambiental

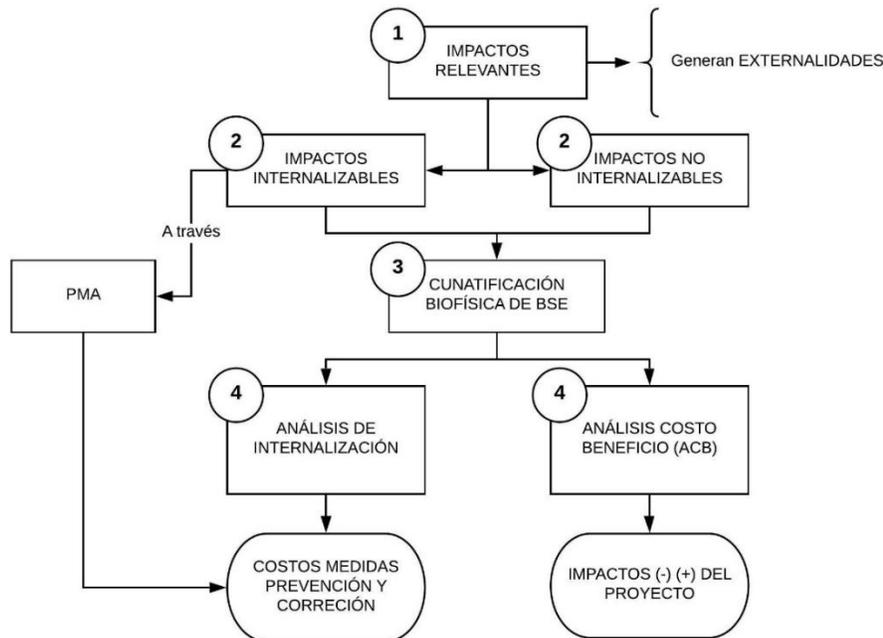
Para la Valoración Económica Ambiental VEA, se procederá a validar la pertinencia de ajustar la valoración evaluada y aprobada mediante la Resolución 01270 de 19 de julio de 2021, partiendo del análisis de los impactos significativos y su internalización.

De identificar la necesidad del ajuste, la metodología será la utilizada en el EIA, 2021, que se describe a continuación:

La evaluación económica de impactos para proyectos sujetos a licenciamiento ambiental tiene como propósito estimar el valor monetario de los impactos positivos y negativos generados por el proyecto e incluirlos en el análisis de evaluación económica con miras a determinar la viabilidad económica del mismo. Esta herramienta es útil en la planificación y puesta en marcha de proyectos de infraestructura y desarrollo, pues orienta los procesos de control y minimización de los impactos ambientales que generan dichas actividades, garantizando la mejora en el bienestar social.

Se fundamenta en los lineamientos establecidos en el manual “Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental” aprobado mediante la Resolución 1669 de 2017. Tal y como lo plantea dicho manual, la estrategia de Evaluación Económica Ambiental se sustenta principalmente en la selección de los impactos significativos, la jerarquización de los mismos, su cuantificación biofísica, el análisis económico a partir de la internalización o de la valoración económica y el desarrollo del análisis costo beneficio- ACB. La **Figura 2-30** muestra el esquema metodológico que se empleará para el presente estudio de Impacto Ambiental.

FIGURA 2-30 ESTRUCTURA GENERAL DEL PROCESO DE EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL – EEA



Fuente: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA, modificado por UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023.

2.3.5.1.1 Análisis de internalización

Para el análisis de internalización, se abordarán aquellos impactos ambientales para el escenario con proyecto (CP) que podrán ser manejados a través de medidas de carácter preventivo y correctivo aplicando la estructura relacionada en la **Tabla 2-44**.

TABLA 2-44 ESTRUCTURA DEL ANÁLISIS DE INTERNALIZACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS.

Impacto (negativo)	Tipo SSEE	Indicador línea base		Cuantificación (Δ SSEE)	Medida de PMA			Costos ambientales anuales		
		Nombre	valor		Nombre	valor indicador	tipo	CTi	COi	CPI

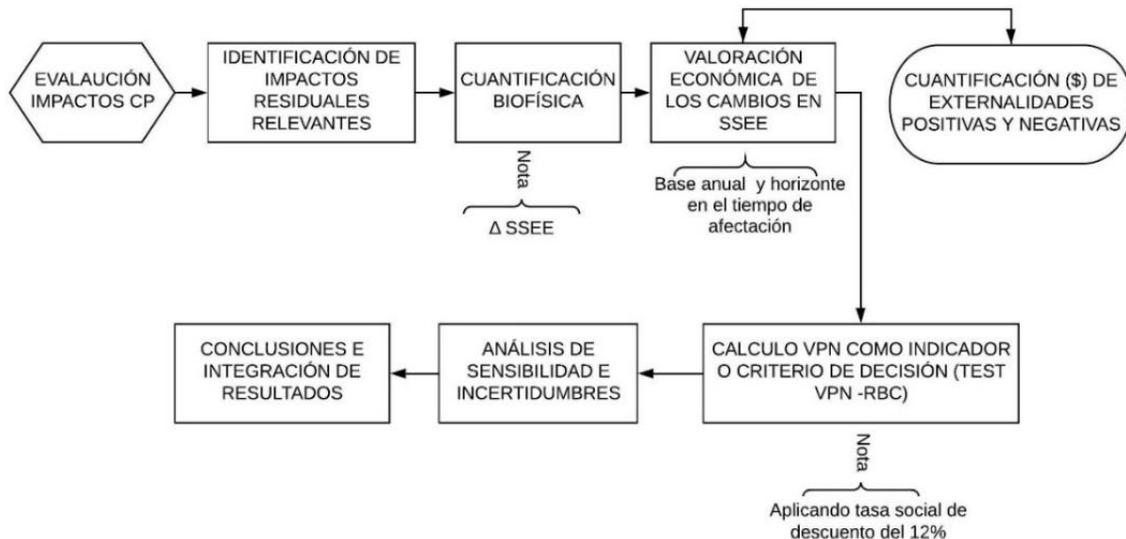
Fuente: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA, adoptado UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

2.3.5.1.2 Análisis costo beneficio ACB

El análisis costo beneficio se aplica para los impactos residuales que quedan luego de aplicarse medidas de mitigación o compensación. Los costos son los valores del impacto negativo es decir las externalidades negativas y los beneficios, el valor o bienestar socioambiental que aporta el proyecto (externalidades positivas) dado el caso que el mismo llegue a desarrollarse.

En la **Figura 2-31** se presenta la secuencia lógica para abordar el análisis costo beneficio para los impactos residuales relevantes del proyecto.

FIGURA 2-31 PROCESO METODOLÓGICO PARA EL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LOS IMPACTOS RESIDUALES DEL PROYECTO.



Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023 con información de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA.

2.3.6 Zonificación Ambiental

La zonificación ambiental es el resultado del análisis integrado de los medios incluidos en la caracterización ambiental para el área de influencia del proyecto, a partir de la cual se obtiene un diagnóstico y visión espacial de las condiciones abióticas, bióticas y socioeconómicas del área de estudio y a partir de las cuales se determina la sensibilidad ambiental de la zona.

La zonificación ambiental para el proyecto se obtiene a partir de la superposición de los valores de sensibilidad de los componentes caracterizados en el área de influencia, por medio de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las cuales permiten asignar valores, categorizar y priorizar los factores que determinan la sensibilidad del área de influencia.

La sensibilidad ambiental se define como la capacidad que tienen las unidades ambientales de responder y volver a su estado inicial después de estar sometidos a cambios inducidos por agentes externos.

La sensibilidad para el área de influencia del proyecto se agrupará en cinco (5) categorías: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta, en la **Tabla 2-45** se describe cada categoría.

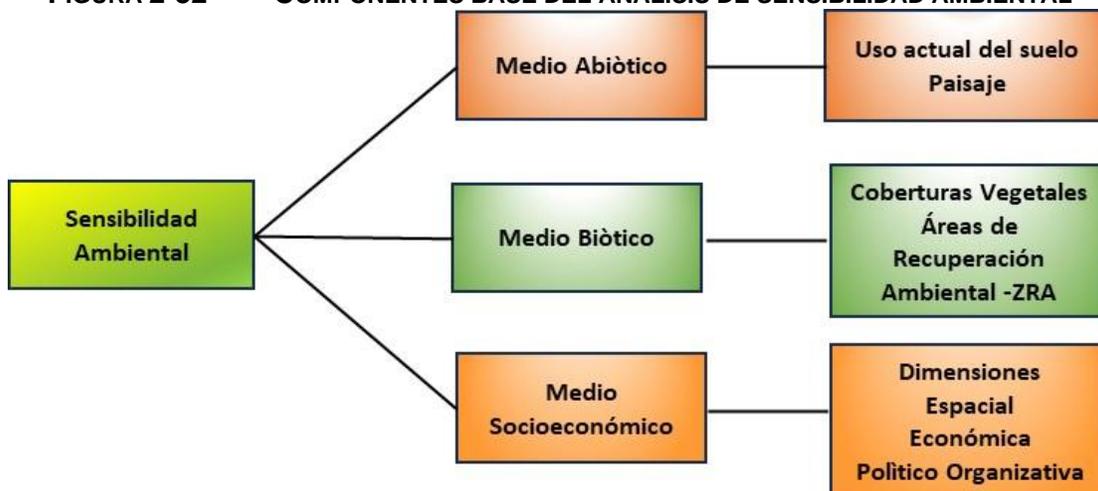
TABLA 2-45 CATEGORÍAS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL.

SENSIBILIDAD	VALOR	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA
Muy baja	1	Áreas que por sus condiciones físico-bióticas y socioeconómicas, ante alguna alteración tienen la capacidad de retornar con facilidad a su estado inicial	
Baja	2	Áreas de alta resiliencia y con una baja susceptibilidad al deterioro	
Moderada	3	Áreas que por sus condiciones físico-bióticas y socioeconómicas presentan una susceptibilidad moderada al deterioro	
Alta	4	Áreas susceptibles al deterioro y que poseen una baja resiliencia	
Muy Alta	5	Áreas con una alta potencialidad al deterioro y muy baja capacidad de retornar a su estado inicial	

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2019, adoptado por UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

Una vez definida la escala de análisis para la sensibilidad, se definieron los componentes por medio que hacen parte de la caracterización y con base en los cuales se generó el mapa final de la zonificación ambiental para el área de influencia, en la **Figura 2-32** se presenta el listado de los componentes por medio.

FIGURA 2-32 COMPONENTES BASE DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL



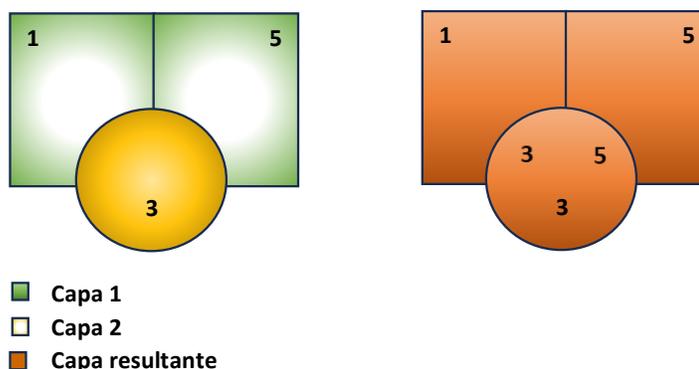
Fuente: UT PLARE GEOESTUDIOS, 2023, adoptado de ENEL EIA DEL PROYECTO ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW., 2021.

A los elementos que conforman cada uno de los componentes se les asignó el valor de sensibilidad, de acuerdo con la escala establecida y a criterios definidos en panel de expertos.

Para obtener los mapas intermedios de sensibilidad ambiental para cada medio, se realizó una prueba lógica de máximos entre los valores de sensibilidad por componentes, la cual arrojó el valor máximo de sensibilidad ambiental que presentaba cada unidad de área analizada, como se ilustra en la siguiente figura.

Lo anterior permitió resaltar las áreas con valores altos de sensibilidad dentro del AI de cada medio evaluado.

FIGURA 2-33 PROCESAMIENTO DE LAS CAPAS ESPACIALES



Fuente: tomado y modificado de <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/union.htm>, EYC GLOBAL S.A.S., 2019

De manera similar, se realizó un análisis entre los resultados por medio para obtener la sensibilidad ambiental.

Finalmente, se verificó la presencia de áreas sensibles dentro del área de influencia del proyecto, las cuales han sido decretadas como áreas sensibles a nivel Nacional o regional. En la **Tabla 2-46** se listan los criterios de sensibilidad considerados en el análisis.

TABLA 2-46 ACTIVIDADES AUTORIZADAS VS. ACTIVIDADES OBJETO DE MODIFICACIÓN ÁREAS SENSIBLES

ELEMENTO	CRITERIO
Áreas de Régimen Especial	Parques Naturales Nacionales, reservas faunísticas, reservas forestales o cualquier ecosistema del Sistema Nacional de Áreas Protegidas a escala regional o local
Áreas de Manejo Especial	Áreas de manejo especial, como, por ejemplo, distritos de riego o líneas de transferencia de hidrocarburos. Desde el punto de vista social, comunidades negras e indígenas.
Instrumentos de ordenamiento / planificación (POMCA)	Áreas de Importancia Ambiental según POMCA o PORH, así como otras áreas de reglamentación especial.
Áreas de Inestabilidad Geotécnica	Áreas de inestabilidad geotécnica regionales o actividad neotectónica de fallas activas o potencialmente activas.
Asentamientos Poblacionales	Cascos urbanos o centros poblados.

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2019.

Si en el AI del proyecto se detectó la presencia de alguna de las áreas sensibles, estas se incluyeron al final como áreas especiales, dado que son áreas que presentan una sensibilidad muy alta a nivel nacional, regional o local.

2.4 DATOS DEL ESTUDIO Y SU CONSULTOR

A manera de información se presenta en la **Tabla 2-47** un esquema de nivel de formación profesional del personal que participó en el desarrollo del presente estudio.

TABLA 2-47 INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

PROYECTO	“ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL - MODIFICACIÓN DE LICENCIA NO. 1 DEL PROYECTO “ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC DE 199,5 MW JUNTO A SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500 KV”	
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	<u>Departamento:</u> Atlántico	
	MUNICIPIOS	PREDIOS
	Sabanalarga	La Perla B, San Benito, Laureles, Platanal, Parcela Platanal 1, Parcela Platanal 2, Parcela Platanal 3, El Porvenir, Arroyo Nuevo, Bajo del Cura, La Sabrosura, Mirador del Porvenir, El Oasis, Galicia y San Juan que se ubican en el corregimiento de Isabel López.
	Usiacurí	El Chorro, El Padrino, San Nicolás, Media Luna, Toledo y Delirio
FASE DEL PROYECTO	Pre – Constructiva y Constructiva	
EMPRESA CONTRATANTE	ATLÁNTICO PHOTOVOLTAIC S.A.S. E.S.P.	
CONSULTORA AMBIENTAL	UT PLARE GEOESTUDIOS	

EQUIPO DE TRABAJO			
NOMBRE	PROFESIÓN Y EXPERIENCIA EN ESTUDIOS AMBIENTALES	ACTIVIDAD REALIZADA	
		CAMPO	OFICINA
Jairo Vergara	Ingeniero Forestal Experiencia mayor a 20 años en estudios ambientales	.	Dirección del proyecto
Claudia Arteaga	Ingeniera Geógrafa Especialista en SIG Especialista en Gerencia Ambiental Experiencia mayor a 20 años en estudios ambientales	-	Coordinación técnica del proyecto Zonificación Ambiental y de Manejo de la Actividad
Martha González	Ingeniera hidróloga, especialista en evaluación de riesgo y prevención de desastres y especialista en recursos hídricos Experiencia mayor a 20 años en estudios ambientales.	Levantamiento de información hidrológica, validación de puntos de OC, usos y usuarios del área de intervención del proyecto.	Caracterización hidrológica, Clima Evaluación de impacto ambiental del componente hidrológico, Uso y aprovechamiento, afectación de RRNN -OC, y fichas de manejo ambiental.
Juan Camilo Espinosa	Ingeniero Ambiental Experiencia 3 años en estudios ambientales	Supervisión de monitoreos de aguas superficiales. Validación de aspectos ambientales	Evaluación de Impactos Ambientales, Medidas de Manejo Ambiental y Seguimiento. Monitoreo Demanda, uso y aprovechamiento de recursos (residuos sólidos y líquidos).
Jhon F. Sánchez	Ingeniero Forestal Experiencia de 12,5 años en estudios ambientales.	Validación y actualización de coberturas	Caracterización de la flora, Evaluación de impacto ambiental del componente flora y fichas de manejo ambiental.
Herón Romero	Biólogo Experiencia mayor a 7 años en estudios ambientales	Levantamiento de información primaria de fauna terrestre e identificación	Descripción del componente fauna e hidrobiología Correlación de calidad de agua con hidrobiología Evaluación de impacto ambiental del componente íctico y ecosistemas acuáticos. Plan de manejo ambiental: protección y conservación de hábitats, conservación de especies faunísticas en peligro
Paola Maya	Geóloga - Especialista en Geomática. Experiencia de 12 años en estudios ambientales.	Identificación de unidades geológicas, geomorfológicas y evaluación de estabilidad geotécnica del terreno.	Descripción del componente geosférico: geología, geomorfología y geotecnia. Evaluación ambiental de impactos sobre las geoformas del terreno, susceptibilidad geotécnica y elaboración de fichas de manejo ambiental.
Jorge Osorio Rojas	Ingeniero civil. Especialista Gerencia de Proyectos Experiencia superior a 10 años en estudios ambientales		Caracterización de la infraestructura existente. Responsable de compilar capítulo Descripción del proyecto (Infraestructura)
Pablo Viloria	Ingeniero Civil Experiencia 3 años en estudios ambientales	Validación y actualización de infraestructura. Verificación Ocupaciones de Cauce	
Antonio del Río	Profesional social	Caracterización socioeconómica del área y aplicación de lineamientos de participación. Momentos de socialización (3)	Aseguramiento componente social. Caracterización del medio socioeconómico. Evaluación ambiental Fichas de manejo ambiental para el medio socioeconómico. Aseguramiento de calidad componente socioeconómico
Angela Albarracín	Ingeniera financiera / Consultora en Valoración económica ambiental	-	Valoración económica de los impactos relevantes y/o significativos. Flujo de beneficios y costos del proyecto.

EQUIPO DE TRABAJO			
NOMBRE	PROFESIÓN Y EXPERIENCIA EN ESTUDIOS AMBIENTALES	ACTIVIDAD REALIZADA	
		CAMPO	OFICINA
Gustavo Villegas	Profesional Especialista en Riesgos	-	Actualización del Plan de Gestión del Riesgo y Contingencia
Eliana Rincón	Ingeniera Forestal Especialista en geomática. Experiencia de 10 años en análisis de información cartográfica básica del país.	.	Elaboración de la cartografía temática y geodatabase del proyecto
Manuel S, Sierra	Ingeniero Geógrafo y Ambiental Esp. Sistemas de Información geográfica	-	Elaboración de la cartografía temática y geodatabase del proyecto
MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S	Laboratorio ambiental (Acreditado)	Monitoreo de aguas superficiales e hidrobiológicos. Monitoreo de calidad de aire y ruido	Informe de calidad de agua superficial e hidrobiológicos
IGAC. Laboratorio de suelos	Laboratorio ambiental (Acreditado)	Análisis de suelos	Informe de resultados fisicoquímicos de suelos

Fuente: UT PLARE - GEOESTUDIOS, 2023

Para dar respuesta a los requerimientos de información adicional, establecidos por la autoridad mediante el Acta de Reunión 05 del 15 de febrero de 2024, la sociedad contrato los servicios de la Consultora Health Safety and Environment S.A.S. Quien contó con el personal idóneo y altamente calificado.