

## CONTENIDO

<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES .....	2
1.3 ALCANCE .....	4
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>5</b>
2.1 LOCALIZACIÓN .....	5
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.....	13
<b>3. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA .....</b>	<b>17</b>
3.1 ÁREA DE INFLUENCIA.....	17
3.2 MEDIO ABIÓTICO .....	20
3.2.1 Geología .....	20
3.2.2 Geomorfología .....	24
3.2.3 Suelos .....	27
3.2.4 Hidrología .....	30
3.2.5 Calidad del agua.....	33
3.2.6 Usos del agua.....	41
3.2.7 Hidrogeología .....	42
3.2.8 Geotecnia .....	46
3.2.9 Atmósfera .....	49
3.2.9.1 Clima .....	49
3.2.9.2 Calidad de aire .....	50
3.2.9.3 Ruido .....	53
3.3 MEDIO BIÓTICO.....	56
3.3.1 Coberturas de la tierra.....	56
3.3.2 Fauna.....	60
3.3.3 Ecosistemas Acuáticos.....	61
3.3.3.1 Análisis multitemporal de fuentes superficiales aledañas a la línea de transmisión eléctrica de 115 kV presentados en el segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022 (ICA 33 e ICA 34) .....	63
3.3.4 Socioeconómico .....	64
3.3.5 Paisaje .....	65
3.3.6 Zonificación ambiental.....	67
<b>4. DEMANDA Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES .....</b>	<b>70</b>
<b>5. EVALUACIÓN AMBIENTAL .....</b>	<b>71</b>
5.1 ESCENARIO SIN PROYECTO .....	71
5.1.1 Escenario con proyecto .....	72
5.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL .....	73
<b>6. ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL .....</b>	<b>74</b>
<b>7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....</b>	<b>78</b>

<b>8. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PROYECTO .....</b>	<b>82</b>
<b>9. PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO .....</b>	<b>84</b>
<b>10. PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL .....</b>	<b>87</b>
<b>11. PLAN DE INVERSIÓN DEL 1% .....</b>	<b>88</b>
<b>11.1 PLAN DE COMPENSACIÓN PARA EL MEDIO BIÓTICO .....</b>	<b>89</b>

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla R-1.	Actividades objeto de Modificación .....	1
Tabla R-2.	Actividades objeto de modificación .....	4
Tabla R-3.	Coordenadas del Bloque Cubarral Campo Castilla – Chichimene .....	5
Tabla R-4.	Coordenadas Piloto de Inyección PIAR Clúster 46.....	7
Tabla R-5.	Coordenadas Línea de transmisión eléctrica 115 kV.....	10
Tabla R-6.	Área de influencia socioeconómica del proyecto .....	11
Tabla R-7.	Etapas y actividades del proyecto.....	15
Tabla R-8.	Unidades Geológicas para el AI físico biótica del proyecto .....	20
Tabla R-9.	Unidades Geomorfológicas para el área de influencia físico-biótica del proyecto.....	24
Tabla R-10.	Unidades de suelos del área de influencia físico-biótica del proyecto.....	28
Tabla R-11.	Clasificación de la Red Hidrográfica en el área de influencia físico-biótica del proyecto.....	31
Tabla R-12.	Puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad de agua superficial – información primaria .....	34
Tabla R-13.	Puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad de agua superficial – información primaria .....	37
Tabla R-14.	Puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad de agua superficial – (Línea de Transmisión eléctrica de 115 kV .....	40
Tabla R-15.	Unidades hidrogeológicas para las áreas de influencia físico-biótica del proyecto.....	43
Tabla R-16.	Zonificación de estabilidad geotécnica para el área de influencia del proyecto.....	46
Tabla R-17.	Estaciones meteorológicas seleccionadas para el análisis climatológico .....	49
Tabla R-18.	Localización de las estaciones de monitoreo.....	50
Tabla R-19.	Localización de las estaciones de monitoreo de calidad de aire .....	52
Tabla R-20.	Localización de estaciones de monitoreo de ruido .....	53
Tabla R-21.	Localización de punto de monitoreo línea de transmisión eléctrica de 115 kV .....	55
Tabla R-22.	Coberturas de la Tierra en el Área de Influencia físico-biótica de la Modificación del Plan de Manejo Ambiental Integral del Bloque Cubarral – Campos Chichimene y Castilla .....	56
Tabla R-23.	Coordenadas puntos de monitoreo PIAR y Prueba Tecnológica de descarbonización CO <sup>2</sup> .....	61
Tabla R-24.	Coordenadas puntos de monitoreo AI de la línea eléctrica de 115 kV .....	63
Tabla R-25.	Veredas área de influencia del proyecto .....	65
Tabla R-26.	Unidades de Paisaje al interior del AI físico-biótica del proyecto .....	65
Tabla R-27.	Uso y aprovechamiento de recursos naturales .....	70
Tabla R-28.	Sitios de captación de agua subterránea autorizado .....	70

Tabla R-29.	Impactos evaluados para el escenario sin proyecto .....	71
Tabla R-30.	Zonificación de manejo ambiental establecida para el Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene .....	74
Tabla R-31.	Homologación de programas y Proyectos Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene .....	79
Tabla R-32.	Programa de Seguimiento y Monitoreo para el Bloque Cubarral-Campos Castilla y Chichimene .....	82
Tabla R-33.	Alcance del plan de compensación .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura R-1.	Localización General Bloque Cubarral.....	6
Figura R-2.	Localización Planta de Inyección de aire PIAR.....	7
Figura R-3.	Localización de la Línea de transmisión Eléctrica de 115kV .....	9
Figura R-4.	Delimitación del área de influencia Piloto de inyección de aire-Prueba de Descarbonización CO <sub>2</sub> para el medio socioeconómico – cartografía PBOT Acacias .....	12
Figura R-5.	Delimitación del área de influencia proyecto construcción y operación de la línea eléctrica de 115 kV – cartografía PBOT Acacias .....	13
Figura R-6.	Área de influencia definitiva socioeconómica para el Piloto de Inyección de aire (PIAR) y Prueba tecnológica de descarbonización CO <sub>2</sub> .....	18
Figura R-7.	Área de influencia definitiva Socioeconómica para Línea de Transmisión Eléctrica de 115 kV.....	19
Figura R-8.	Unidades geológicas para el área de influencia físico-biótica de la PIAR y Prueba Tecnológica de descarbonización CO <sub>2</sub> .....	22
Figura R-9.	Unidades geológicas para el área de influencia físico-biótica de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV .....	23
Figura R-10.	Unidades geomorfológicas para el AI físico-biótica de la planta de inyección de aire (PIAR) y la Prueba Tecnológica de descarbonización CO <sub>2</sub> .....	26
Figura R-11.	Unidades geomorfológicas para el área de influencia físico-biótica de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV.....	27
Figura R-12.	Unidades de suelos del área de influencia de la planta de inyección de aire (PIAR) y prueba de descarbonización .....	29
Figura R-13.	Unidades de suelos del área de influencia de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV .....	30
Figura R-14.	Delimitación de cuencas de drenaje sector PIAR y Prueba Tecnológica de descarbonización CO <sub>2</sub> .....	32
Figura R-15.	Delimitación de cuencas de drenaje Línea de Transmisión Eléctrica de 115 kV .....	33
Figura R-16.	Distribución espacial de los puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad del agua superficial.....	36
Figura R-17.	Distribución espacial de los puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad del agua superficial – Información primaria .....	41
Figura R-18.	Unidades hidrogeológicas definidas en el área de influencia de la PIAR y Prueba Tecnológica de descarbonización CO <sub>2</sub> .....	44
Figura R-19.	Unidades hidrogeológicas definidas en el área de influencia de la Línea de Transmisión CDS2-CDK a 115 kV .....	45
Figura R-20.	Zonificación de estabilidad geotécnica para el AI de la planta de inyección de aire (PIAR) y la Prueba de descarbonización .....	47

---

Figura R-21.	Zonificación de estabilidad geotécnica para el AI de línea de transmisión eléctrica .....	48
Figura R-22.	Localización espacial de las estaciones meteorológicas que serán empleadas para el análisis climatológico .....	49
Figura R-23.	Localización geográfica de las estaciones de monitoreo de calidad del aire .....	51
Figura R-24.	Distribución espacial de las estaciones de monitoreo de calidad de aire seleccionadas para el análisis .....	52
Figura R-25.	Distribución espacial de los puntos de monitoreo de ruido ambiental .....	54
Figura R-26.	Distribución espacial de los puntos de monitoreo de ruido de la línea de transmisión eléctrica 115 kV .....	55
Figura R-27.	Coberturas de la Tierra del Área de Influencia físico-biótica, sector de la PIAR- Prueba Tecnológica de Descarbonización CO <sub>2</sub> , para la modificación del Plan de Manejo Ambiental Integral del Bloque Cubarral – Campos Chichimene y Castilla .....	58
Figura R-28.	Coberturas de la Tierra del Área de Influencia físico-biótica, sector de la Línea Eléctrica, para la modificación del Plan de Manejo Ambiental Integral del Bloque Cubarral – Campos Chichimene y Castilla .....	59
Figura R-29.	Localización geográfica de los puntos de monitoreo área de estudio de la PIAR .....	62
Figura R-30.	Localización geográfica de los puntos de monitoreo área de influencia de línea eléctrica de 115 kV .....	64
Figura R-31.	Unidades de paisaje identificadas al interior del área de influencia físico biótica del proyecto .....	67
Figura R-32.	Zonificación ambiental área de influencia PIAR-Prueba Tecnológica de descarbonización CO <sub>2</sub> .....	68
Figura R-33.	Zonificación ambiental área de influencia Línea eléctrica de 115 kV .....	69
Figura R-34.	Zonificación de manejo área de influencia PIAR-Prueba Tecnológica de Descarbonización CO <sub>2</sub> .....	76
Figura R-35.	Zonificación de manejo área de influencia Línea eléctrica de 115 kV .....	77

## RESUMEN EJECUTIVO

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

Este documento tiene la finalidad de presentar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) la Modificación del Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Bloque Cubarral campos Castilla y Chichimene, para incluir las siguientes actividades (ver Tabla R-1).

**Tabla R-1. Actividades objeto de Modificación**

ÍTEM	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	OBSERVACIONES
1	<b>PILOTO DE INYECCIÓN DE AIRE (PIAR)</b>	
1.1	Operación del proyecto de inyección de aire (PIAR) con las mismas capacidades aprobadas de inyección y de tratamiento de gases en la plataforma Clúster 46, por tres (3) años adicionales	El piloto de inyección de aire se desarrolla y opera al interior del área del Clúster 46 en donde se encuentran las facilidades de la PIAR de aprox. 7,26 ha, sin requerir áreas adicionales para su operación.
1.2	Conversión de dos (2) pozos de producción u observadores existentes a pozos inyectoros de aire/agua	Se plantea la conversión de dos (2) pozos existentes, que pueden ser los pozos productores de primera línea y/o los pozos observadores del piloto a pozos inyectoros de aire/agua
2	<b>PRUEBA TECNOLÓGICA DE DESCARBONIZACIÓN: APROVECHAMIENTO DE CO2 (5-10 MMSCFD) CON FINES DE RECOBRO MEJORADO, HASTA POR CINCO AÑOS DESDE EL INICIO DE LA INYECCIÓN, A TRAVÉS DE UN POZO NUEVO O EXISTENTE.</b>	El CO2 a inyectar puede provenir del proceso de aprovechamiento de gas o el generado en los procesos industriales desarrollados en el bloque Cubarral, para lo cual se utilizará una planta específica que podrá emplear varias tecnologías, como la descrita en la estrategia 3 para la generación de energía aprobada en el numeral 15 del artículo segundo de la Resolución 728 del 6 de septiembre de 2012; y se podrá transportar por medio de líneas de flujo y/o carrotanques desde otros campos o instalaciones industriales que cuenten con autorización para la entrega de fluidos.  La ubicación de la prueba tecnológica de descarbonización CO2, que incluye los equipos de las facilidades de superficie, compresión e inyección de CO2, se proyecta en el sector entre la estación Chichimene ECH y el Clúster 46 (PIAR), <b>aledaña a cualquiera de los pozos candidatos para la inyección y su ubicación se realizará dando cumplimiento a la zonificación de manejo ambiental del proyecto. El CO2 se podrá transportar por medio de líneas de flujo y/o carrotanques.</b>
3	<b>LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, DE ALTA TENSIÓN, DOBLE CIRCUITO, DE 115 KV</b>	La construcción y operación de la línea de transmisión de energía eléctrica a 115 kV con una longitud total de 14,03 km y el levantamiento e izaje de 26 torres tipo celosía. El área de intervención de las torres se estima en entre 10x10 m y 15x15 m. El DDV de la línea eléctrica, tiene un ancho de 20,00 m.

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2023.

Es importante tener en cuenta que, para el desarrollo de las actividades relacionadas anteriormente, no se requerirán nuevas áreas de intervención a las ya autorizadas en la Resolución 728 del 06 de septiembre de 2012, modificada por la resolución 293 de 2016, es decir que el proyecto no modifica lo ya autorizado por ser una modificación puntual.

Es de resaltar que, para la presente modificación se establecieron dos áreas de influencia, de conformidad con los alcances específicos del proyecto, de tal forma que, se cuenta con un área de influencia que integra las actividades del proyecto PIAR y la Prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>, así como, con un área de influencia para las actividades asociadas a la línea de transmisión eléctrica a 115 kV (para mayor detalle consultar el Capítulo 3.1 - Área de Influencia).

La descripción del proyecto se ajusta a los Términos de referencia HI-TER 1-03, la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales (2018), expedidos por el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo

sostenible (MADS), la Guía de Participación ciudadana para el licenciamiento ambiental expedida por la ANLA en julio de 2018, la Resolución 728 de 2012 sus modificaciones, así como sus autos de seguimiento y toda la normatividad ambiental vigente.

Para la elaboración del presente documento se realizó trabajo de campo entre los días 6 al 11 en el mes de junio de 2022 por parte de profesionales en las áreas de Hidrogeología, Hidrología Ingeniería Ambiental, Ingeniería Forestal, Fauna, civil, paisaje, geología. De igual manera, involucró también la participación de laboratorios acreditados en la toma de muestras para analizar la calidad del agua, y aire. Teniendo en cuenta las dificultades presentadas para el acceso a predios en el área de intervención de la línea de transmisión eléctrica de 115kV los días 12 al 15 de septiembre de 2022 se realizaron actividades de campo para los componentes Flora y Fauna.

## 1.2 ANTECEDENTES

El proyecto de explotación y/o producción del Campo Castilla, inicio su operación previo a la expedición de la Ley 99 de 1993, mediante la cual, entre otras disposiciones, se encuentra la obligatoriedad de la Licencia Ambiental para proyectos que puedan causar deterioro al ambiente, por lo anterior, este proyecto quedó en régimen de transición y requiere solo de un Plan de Manejo Ambiental, por lo que mediante Resolución 1310 del 3 de noviembre de 1995, el Ministerio del Medio Ambiente, (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en adelante el Ministerio) estableció el Plan de Manejo Ambiental (PMA) a la empresa CHEVRON PETROLEUM COMPANY OF COLOMBIA, para el Campo de Producción Castilla, localizado en el municipio de Castilla La Nueva, departamento del Meta.

Mediante Resolución 539 del 27 de mayo de 1996, el Ministerio estableció un Plan de Manejo Ambiental (PMA) a la empresa CHEVRON PETROLEUM COMPANY OF COLOMBIA, para los pozos de desarrollo Chichimene 13, 14 y 15 y sus vías de acceso.

Mediante Resolución 849 del 30 de julio de 1996, el Ministerio estableció un Plan de Manejo Ambiental (PMA) a la empresa CHEVRON PETROLEUM COMPANY OF COLOMBIA, para la perforación de los pozos de desarrollo Castilla 24.

Mediante Resolución 761 del 15 de agosto de 1997, el Ministerio modificó el Plan de Manejo Ambiental (PMA) establecido con Resolución 849 del 30 de julio de 1996 para la operación del pozo Castilla 24.

Mediante Resolución 892 del 8 de octubre de 1997, el Ministerio otorgó licencia ambiental a la empresa CHEVRON PETROLEUM COMPANY OF COLOMBIA, para la construcción y operación de los pozos de desarrollo Chichimene 16 y 17 vías de acceso y líneas de Conducción.

Mediante Resolución 903 del 8 de octubre de 1997, el Ministerio impuso a la empresa CHEVRON PETROLEUM COMPANY OF COLOMBIA unas obligaciones de tipo socio ambiental respecto a los campos Castilla y Chichimene.

Mediante Resolución 1091 del 2 de diciembre de 1997, el Ministerio otorgó licencia ambiental a la empresa CHEVRON PETROLEUM COMPANY OF COLOMBIA, para la construcción y operación de pozo de desarrollo Castilla 25, vías de acceso y líneas de flujo.

Mediante Resolución 877 del 7 de septiembre de 2000, el Ministerio autorizó la cesión de derechos y obligaciones en relación con los campos Castilla y Chichimene de la empresa CHEVRON PETROLEUM COMPANY OF COLOMBIA a la Empresa Colombiana de Petróleos ECOPETROL, actual ECOPETROL S.A. y; asimismo, acogió el Plan de Manejo Ambiental (PMA) que se venía desarrollando.

Mediante Resolución 169 del 21 de febrero de 2001, el Ministerio otorgó licencia ambiental a la empresa ECOPETROL S.A., para los pozos de desarrollo Chichimene 18 y Castilla 26 incluyendo la construcción de líneas de flujo y vías de acceso.

Con escrito radicado 4120-E1-122301 del 24 de septiembre de 2010, la empresa ECOPETROL S.A., allegó el documento denominado "Actualización Plan de Manejo Ambiental del Bloque Castilla de la Superintendencia de Operaciones Castilla - Chichimene SCC".

Mediante Auto 3880 del 27 de octubre de 2010, el Ministerio inició trámite de modificación de la Resolución 877 de 2000, en el sentido de autorizar a ECOPETROL S.A., el desarrollo de nuevas actividades en los Campos Castilla y Chichimene y, como consecuencia de ello la modificación del Plan de Manejo Ambiental.

Resolución 728 del 6 de septiembre de 2012, mediante la cual la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) acogió el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del bloque Cubarral, campos Castilla y Chichimene. En el parágrafo del artículo segundo, numeral 12, literal a y b, se autorizó la realización del piloto de inyección de aire para recobro en el campo Chichimene.

Resolución 293 de 2016, mediante la cual se estableció la modificación del PMAI del bloque Cubarral; en su artículo primero, numeral 1, literal c, la ANLA autorizó la actividad de inyección de agua para recobro secundario no térmico. Adicionalmente mediante el artículo quinto la ANLA, modificó el literal a del numeral 12 del parágrafo del artículo segundo de la Resolución 1310 de 3 de noviembre de 1995, en el sentido de adicionar la actividad de construcción dentro de las facilidades para el tratamiento de emulsiones al interior del clúster 46, de un cargadero de fluidos al interior del clúster 46 o en un área contigua a éste (entre Clúster 46 y CH-6), dentro del proyecto de inyección de aire, con el cumplimiento de las obligaciones establecidas en ese numeral.

La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) autorizó la ejecución del piloto de inyección de acuerdo con las siguientes comunicaciones:

- Piloto de inyección de aire (combustión in situ) en el Campo Chichimene, cuenta con autorización de la ANH (Rad. 20155110148791 de 31 de julio de 2015 y Rad. 20185110215351 del 17 de julio de 2018).
- Mediante radicado ANH 20195010305752 Id: 429952 del 02 de septiembre de 2019, Ecopetrol notifica el inicio de inyección de aire (PIAR) en el pozo CH-174/ Clúster 46/ Campo Chichimene/Bloque Cubarral.

Mediante el radicado 2019131422-1-000 del 03 de septiembre de 2019, Ecopetrol S.A. allegó a la ANLA el ajuste al Plan de Manejo Ambiental Específico para el Proyecto Piloto de Inyección de Aire en el Campo Chichimene del Bloque Cubarral, en donde se realizó la inclusión del sistema de alivio, que hace parte de los equipos que conforman el sistema de incineración de gases de la planta del Proyecto piloto para inyección de aire.

Mediante radicado CORMACARENA No 017795 de 03 de septiembre de 2019 Ecopetrol realiza la notificación de inicio de actividades del proyecto piloto inyección de aire en el Campo Chichimene.

Mediante el radicado 2019131422-1-000 del 03 de septiembre de 2019, se realiza la entrega del ajuste del plan de manejo ambiental específico para el proyecto de inyección de aire.

Posteriormente, en el Auto 880 del 25 de febrero de 2021, Artículo 3. No. 56, la ANLA solicita a ECOPETROL, presentar en los PMAE, los modelos de calidad de aire y ruido de acuerdo con las Resoluciones 601 de 2006 y 610 de 2010 y el protocolo de monitoreo de la calidad de aire y con

base en ellos justificar que la ubicación de las actividades autorizadas no genera afectaciones por aire y ruido a los habitantes de las viviendas cercanas.

Así mismo, en el Auto 2204 del 16 de abril de 2021, Artículo 1. No. 10, la ANLA solicita a ECOPETROL, ajustar la ficha de manejo 6.1.2.5 Manejo de Agua Subterránea del PMAE del Proyecto Piloto de Inyección de Aire, presentada mediante la comunicación con radicado 2019131422-1-000 del 3 de septiembre de 2019, en el sentido de actualizar la Tabla de Inventario de pozos, aljibes y manantiales, con los puntos de agua subterránea del buffer de 2 km del Clúster 46. Adicionalmente, en el Artículo 2, No. 5, se solicita justar la ficha de manejo 6.1.2.5 Manejo de agua subterránea del PMAE en el sentido de incluir las medidas de prevención, mitigación, corrección y/o compensación específicas a implementar durante las actividades de operación y mantenimiento, asociadas a la locación Clúster 18 y línea de flujo CH18 a CL46, para aprobación de esta Autoridad.

Igualmente, en el Auto 2204 de 2021, Artículo 1. No. 17, se solicita a ECOPETROL, ajustar la ficha 6.1.3.1 Manejo de Fuentes de Emisiones y Ruido del PMAE del Proyecto Piloto de Inyección de Aire, en el sentido de, garantizar que se mantengan los niveles de ruido por debajo de los estándares máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente. Asimismo, en el Artículo 2 No. 7, se solicita ajustar la GDB del proyecto, principalmente lo relacionado con la información de los puntos hidrogeológicos en un buffer de 2 km del Proyecto PIAR, garantizando el diligenciamiento de la totalidad de los atributos aplicables, así como evitar la duplicidad en la identificación de los nombres de los puntos, de acuerdo con los lineamientos del Modelo de almacenamiento geográfico (GDB), en cumplimiento del Artículo décimo quinto, de la Resolución 728 del 6 de septiembre de 2012.

Asimismo, en el Artículo 2 No. 9, se pide a ECOPETROL, ajustar el PMAE del Proyecto PIAR, en el sentido de incluir las acciones de seguimiento y monitoreo de los cuerpos de agua superficial y subterránea en un radio de 2 km, así como las acciones de seguimiento y monitoreo de la calidad de aire y de los olores ofensivos en el área de influencia de la PIAR, en cumplimiento de las Fichas de seguimiento y monitoreo: 7.1.1 Programa de seguimiento y monitoreo en aguas residuales y corrientes receptoras, 4.2.3.1 Aguas subterráneas, 7.1.3 Programa de Seguimiento y Monitoreo a emisiones atmosféricas, calidad de aire y ruido, 7.1.4 Olores ofensivos y del numeral 2 del Artículo décimo de la Resolución 293 del 18 de marzo de 2016.

Mediante el Oficio con radicado 2021189032-2-000 del 03 de septiembre de 2021, la ANLA da Respuesta a la solicitud de reconsideración del pronunciamiento emitido a través del oficio 2021122884-2-000 del 18 de junio de 2021 sobre la ampliación de la ventana de tiempo del piloto de inyección de aire en el Campo Chichimene, en el marco de la autorización emitida por la ANH.

### 1.3 ALCANCE

El alcance del presente Estudio de impacto Ambiental es presentar la información técnica y ambiental que sustente la solicitud de Modificación de la Licencia Ambiental, para el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del bloque Cubarral – Campos Castilla y Chichimene, mediante la Resolución 728 del 6 de septiembre de 2012, modificada por la Resolución 293 del 18 de marzo de 2016 la autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), acogió el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del bloque Cubarral, campos Castilla y Chichimene, en tal sentido el presente incluye los siguientes alcances (ver Tabla R-2).

**Tabla R-2. Actividades objeto de modificación**

ÍTEM	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	OBSERVACIONES
1	PILOTO DE INYECCIÓN DE AIRE (PIAR)	

ÍTEM	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	OBSERVACIONES
1.1	Operación del proyecto de inyección de aire (PIAR) con las mismas capacidades aprobadas de inyección y de tratamiento de gases en la plataforma Clúster 46, por tres (3) años adicionales	El piloto de inyección de aire se desarrolla y opera al interior del área del Clúster 46 en donde se encuentran las facilidades de la PIAR de aprox. 7,26 ha, sin requerir áreas adicionales para su operación.
1.2	Conversión de dos (2) pozos de producción u observadores existentes a pozos inyectores de aire/agua	Se plantea la conversión de dos (2) pozos existentes, que pueden ser los pozos productores de primera línea y/o los pozos observadores del piloto a pozos inyectores de aire/agua
2	PRUEBA TECNOLÓGICA DE DESCARBONIZACIÓN: APROVECHAMIENTO DE CO2 (5-10 MMSCFD) CON FINES DE RECOBRO MEJORADO, HASTA POR CINCO AÑOS DESDE EL INICIO DE LA INYECCIÓN, A TRAVÉS DE UN POZO NUEVO O EXISTENTE.	El CO2 a inyectar puede provenir del proceso de aprovechamiento de gas o el generado en los procesos industriales desarrollados en el bloque Cubarral, para lo cual se utilizará una planta específica que podrá emplear varias tecnologías, como la descrita en la estrategia 3 para la generación de energía aprobada en el numeral 15 del artículo segundo de la Resolución 728 del 6 de septiembre de 2012; y se podrá transportar por medio de líneas de flujo y/o carrotaques desde otros campos o instalaciones industriales que cuenten con autorización para la entrega de fluidos.  La ubicación de la prueba tecnológica de descarbonización CO2, que incluye los equipos de las facilidades de superficie, compresión e inyección de CO2, se proyecta en el sector entre la estación Chichimene ECH y el Clúster 46 (PIAR), <i>aledaña a cualquiera de los pozos candidatos para la inyección y su ubicación se realizará dando cumplimiento a la zonificación de manejo ambiental del proyecto. El CO2 se podrá transportar por medio de líneas de flujo y/o carrotaques.</i>
3	LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, DE ALTA TENSIÓN, DOBLE CIRCUITO, DE 115 KV	La construcción y operación de la línea de transmisión de energía eléctrica a 115 kV con una longitud total de 14,03 km y el levantamiento e izaje de 26 torres tipo celosía. El área de intervención de las torres se estima en entre 10x10 m y 15x15 m. El DDV de la línea eléctrica, tiene un ancho de 20,00 m.

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2023.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 2.1 LOCALIZACIÓN

El bloque Cubarral se encuentra localizado en el departamento del Meta en los municipios de Guamal, Acacias, Villavicencio y Castilla La Nueva, tiene un área aproximada de 23.423,65 ha y se encuentra en jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA).

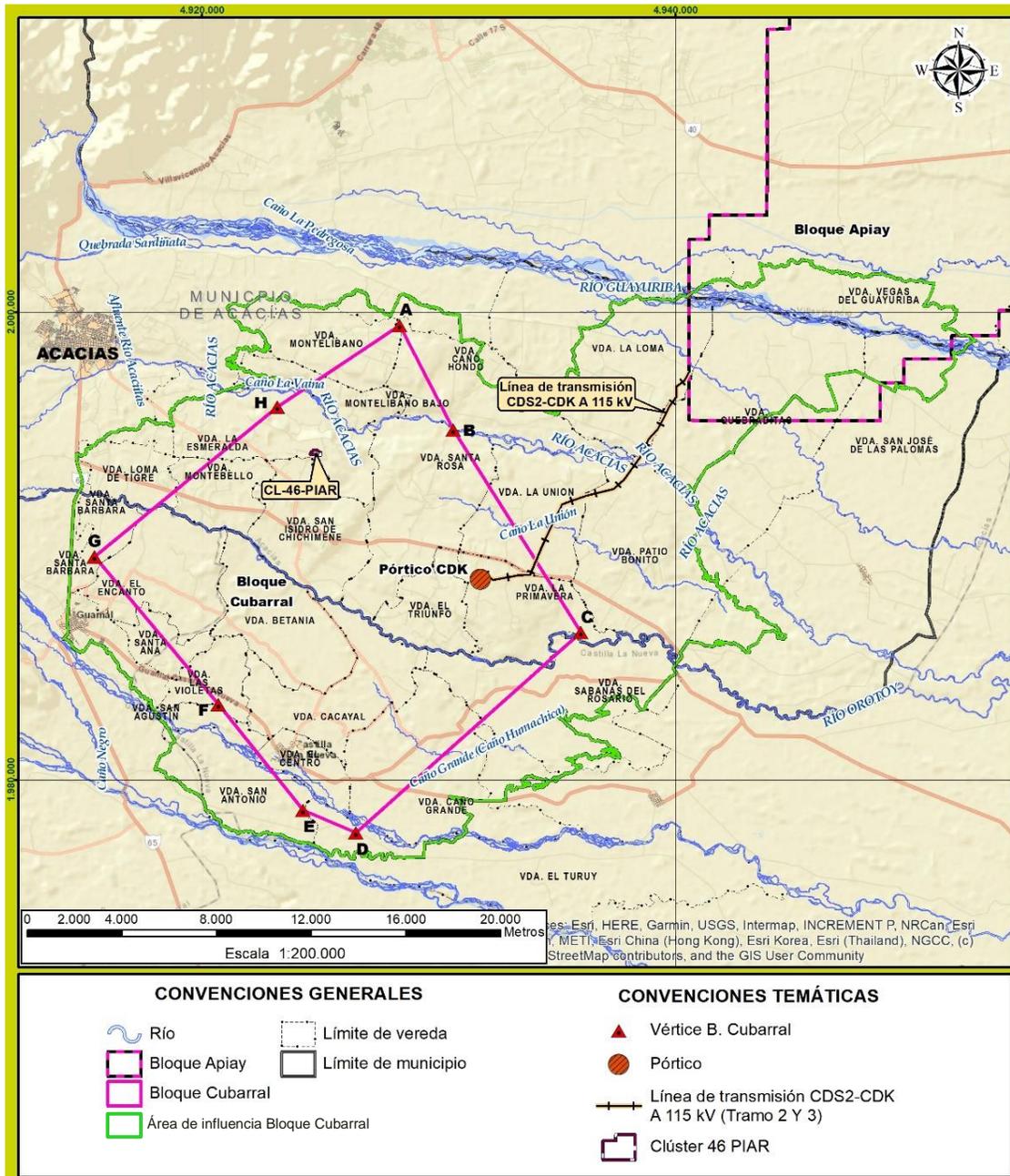
En la Tabla R-3, se presentan las coordenadas del Bloque Cubarral y en la Figura R-1, la ubicación en detalle del Bloque Cubarral Campo Castilla – Chichimene y dentro de él, la ubicación del Clúster 46 (PIAR), el trazado de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV.

Tabla R-3. Coordenadas del Bloque Cubarral Campo Castilla – Chichimene

NOMBRE	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ÁREA DEL BLOQUE (ha)	PERÍMETRO DEL BLOQUE (km)
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE		
A	1055535,00	920371,00	4935909,42	1986315,58	23387,98	60,67
B	1046131,00	911782,00	4926501,89	1977745,06		
C	1043893,00	912753,00	4924266,80	1978718,11		
D	1040323,00	917261,00	4920705,12	1983227,22		
E	1035074,00	923588,00	4915468,02	1989556,23		
F	1042800,00	930000,00	4923196,58	1995953,53		
G	1047958,00	933500,00	4928355,23	1999444,15		

H	1050230,00	929016,00	4930619,65	1994960,64	
---	------------	-----------	------------	------------	--

Fuente: Resolución 728 del 6 de septiembre de 2012 adaptado por GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



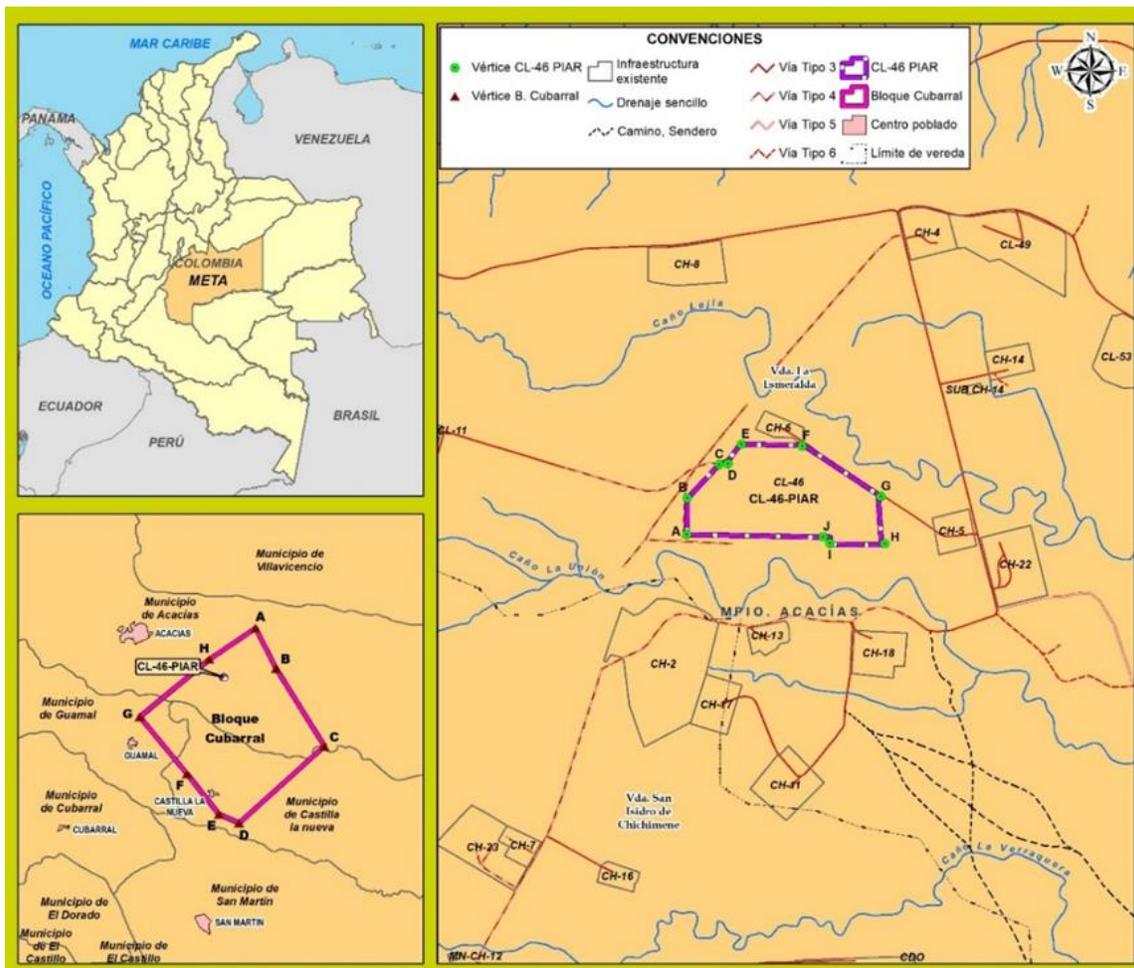
**Figura R-1. Localización General Bloque Cubarral**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

En cuento a la localización específica del proyecto, el área intervenida, al interior del Clúster 46, correspondiente al proyecto de inyección de aire (PIAR), se ubica en el Campo Chichimene de Ecopetrol S.A., en la vereda La Esmeralda, del municipio de Acacias, departamento del Meta,

jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA) (ver Figura R-2).

La ubicación de la prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>, que incluye los equipos de las facilidades de superficie para la captura, compresión e inyección de CO<sub>2</sub>, se proyecta en el sector entre la estación Chichimene ECH y el Clúster por lo cual su localización puede estar al interior de la estación o en algún clúster existente en un radio de 2,00 km del clúster 46, en un pozo nuevo o existente que cumpla las especificaciones para inyección con fines de recobro en las arenas inferiores del K1 y/o K2 y su ubicación se realizará dando cumplimiento a la zonificación de manejo ambiental.



**Figura R-2. Localización Planta de Inyección de aire PIAR**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

La Tabla R-4 contiene los vértices de Piloto de Inyección de Aire PIAR.

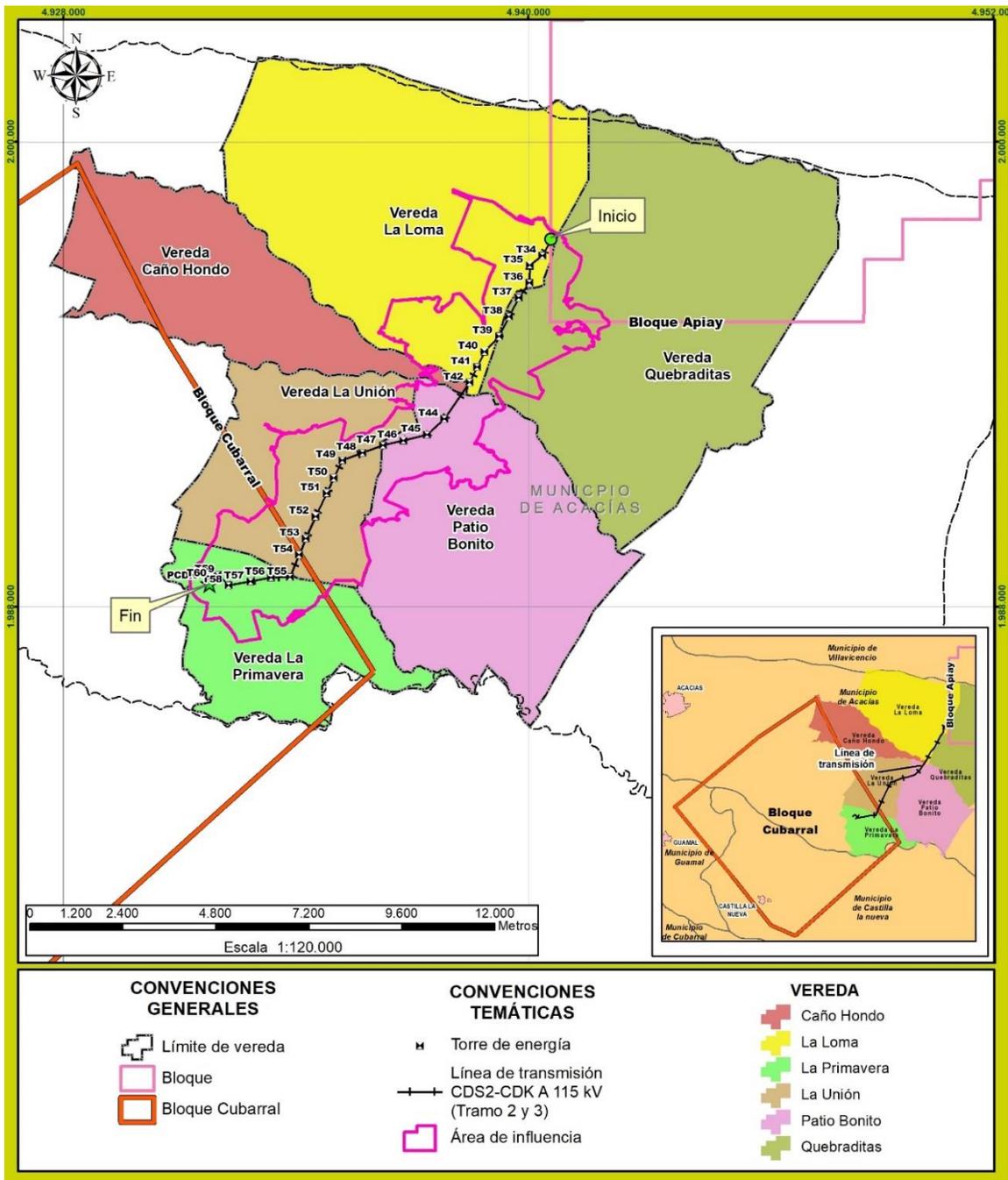
**Tabla R-4. Coordenadas Piloto de Inyección PIAR Clúster 46**

NOMBRE	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		ÁREA DEL CLÚSTER (ha)	PERÍMETRO DEL CLÚSTER (km)
	ESTE	NORTE		
A	4924587,32	1993905,37	7,21	1,15
B	4924587,75	1993986,30		
C	4924657,36	1994059,72		
D	4924679,27	1994070,61		
E	4924700,04	1994099,20		
F	4924711,67	1994105,89	7,21	1,15
G	4924807,37	1994104,39		
H	4924847,31	1994103,77		
I	4925011,86	1993994,62		
J	4925019,50	1993882,25		
K	4924905,28	1993884,03		
L	4924905,53	1993899,80		

Fuente: Resolución 728 de septiembre 6 de 2012; adaptado por GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

El proyecto se encuentra localizado en el municipio de Acacías y su trazado transcurre específicamente por las veredas La Loma, Quebraditas, Caño Hondo, Patio Bonito, La Unión, y La Primavera, tal y como se muestra en la Figura R-3 y en el Anexo 02\_LLA\_X\_MLO\_20221119\_02.

La línea proyectada de transmisión eléctrica de alta tensión, doble circuito de 115 kV, que transcurre inicialmente dentro del área de influencia del Bloque Cubarral en una longitud aproximada de 11,02 km, comenzando en el límite occidental del Bloque Apiay, hasta ingresar y discurrir al interior del Bloque Cubarral en una longitud aproximada de 3,01 km, conectando con el Centro de Distribución Acacías (CDK), teniendo una longitud total de 14,03 km, cruzando por las veredas La Loma, Quebraditas, Caño Hondo, La Unión, Patio Bonito y La Primavera, pertenecientes al municipio de Acacías.



**Figura R-3. Localización de la Línea de transmisión Eléctrica de 115kV**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

De acuerdo, con la localización del proyecto la jurisdicción de la autoridad ambiental regional es la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA). En la Tabla R-5 se presentan las coordenadas de cada una de las torres del proyecto.

**Tabla R-5. Coordenadas Línea de transmisión eléctrica 115 kV**

ID. TORRE	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	
	ESTE	NORTE
34	4.940.366,91	1.997.069,85
35	4.940.036,19	1.996.817,31
36	4.940.034,11	1.996.367,66
37	4.939.752,00	1.995.983,09
38	4.939.503,89	1.995.493,24
39	4.939.246,17	1.994.984,42
40	4.938.868,25	1.994.585,95
41	4.938.679,33	1.994.188,16
42	4.938.490,48	1.993.790,51
44	4.937.838,48	1.992.847,81
45	4.937.393,18	1.992.445,46
46	4.936.782,12	1.992.294,92
47	4.936.249,15	1.992.163,64
48	4.935.725,31	1.991.973,78
49	4.935.204,47	1.991.785,01
50	4.934.985,94	1.991.325,49
51	4.934.798,44	1.990.931,25
52	4.934.513,54	1.990.332,19
53	4.934.262,93	1.989.758,42
54	4.934.090,31	1.989.340,19
55	4.933.850,70	1.988.763,26
56	4.933.366,27	1.988.759,61
57	4.932.835,36	1.988.658,32
58	4.932.273,62	1.988.551,16
59	4.931.980,26	1.988.823,22
60	4.931.778,51	1.988.713,70
Torre existente	4.931.774,41	1.988.647,72
Pórtico CDK	4.931.779,36	1.988.588,05

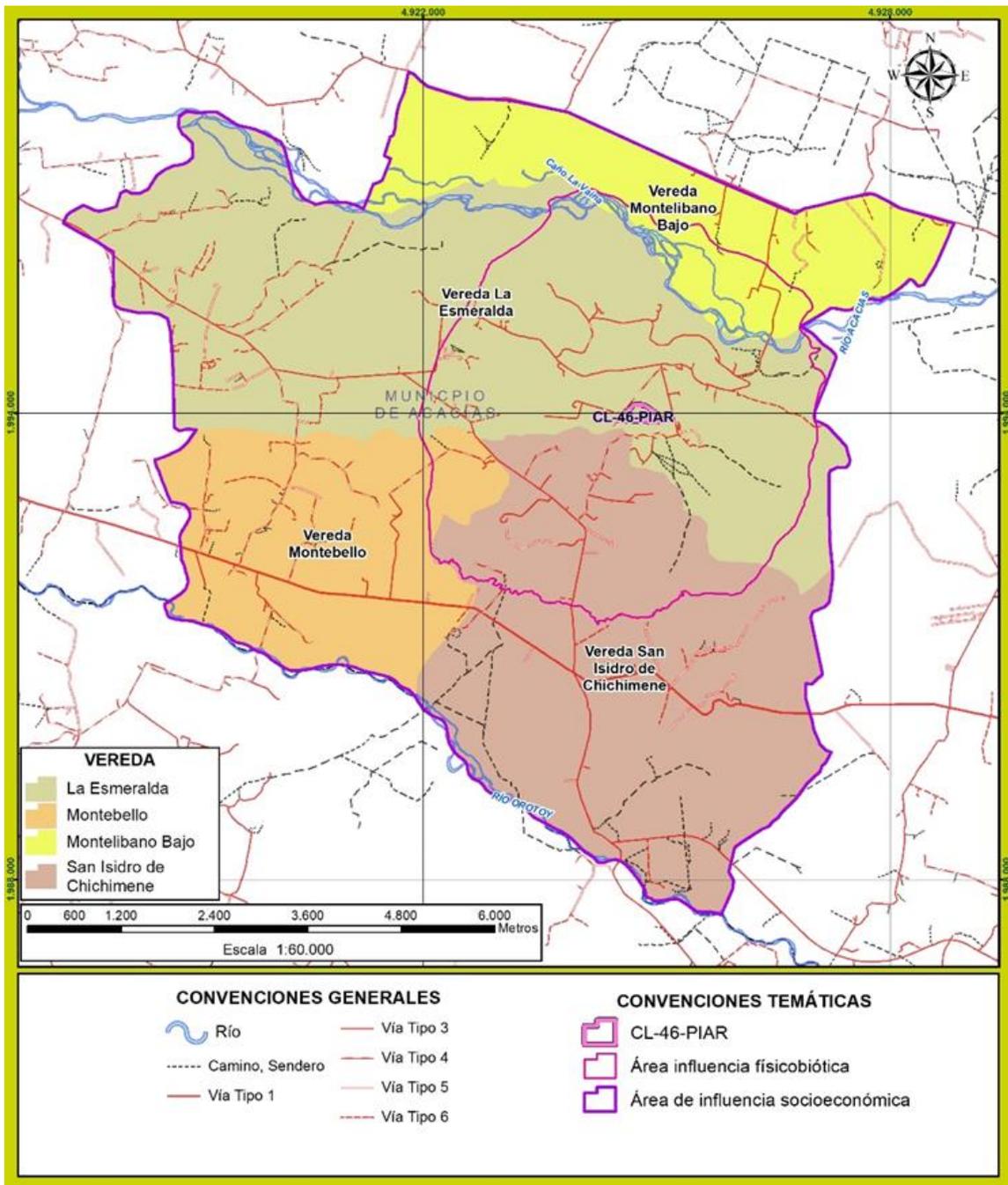
*Fuente: Ecopetrol S.A., 2022, adoptado por GEOTEC INGENIERÍA, 2022.*

En cuanto a la ubicación del área del proyecto en el ámbito político administrativo, se identifica como unidad territorial mayor el municipio de Acacias y 10 unidades territoriales menores (veredas), tal y como se muestra en la Tabla R-6 y Figura R-4 y Figura R-5

**Tabla R-6. Área de influencia socioeconómica del proyecto**

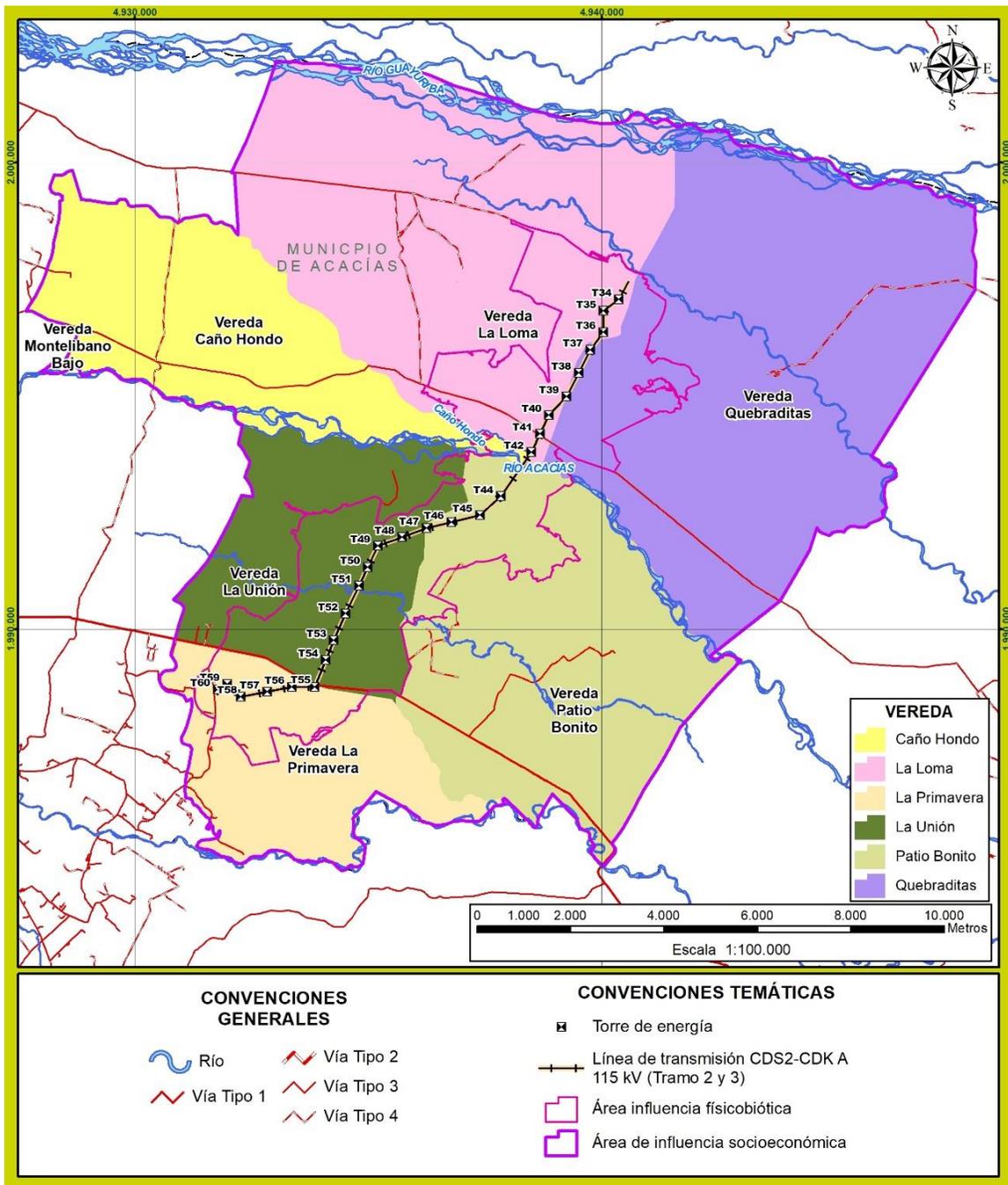
UNIDAD TERRITORIAL MAYOR	UNIDAD TERRITORIAL MENOR (VEREDA) PIAR-PRUEBA TECNOLÓGICA DE DESCARBONIZACIÓN CO <sub>2</sub>
Municipio de Acacias	Montelíbano Bajo
	La Esmeralda
	Montebello
	San Isidro de Chichimene
UNIDAD TERRITORIAL MAYOR	UNIDAD TERRITORIAL MENOR (VEREDA) LÍNEA ELÉCTRICA DE 115 kV
Municipio de Acacias	La Loma
	Quebraditas
	Caño Hondo
	La Unión
	Patio Bonito
	La Primavera

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-4. Delimitación del área de influencia Piloto de inyección de aire-Pueba de Descarbonización CO<sub>2</sub> para el medio socioeconómico – cartografía PBOT Acacias**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-5. Delimitación del área de influencia proyecto construcción y operación de la línea eléctrica de 115 kV – cartografía PBOT Acacias**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Las actividades para el desarrollo del proyecto, que hacen parte del alcance del presente Estudio de Impacto Ambiental para la modificación del Plan de Manejo Ambiental del Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene, son las siguientes:

- Operación del proyecto piloto de inyección de aire (PIAR) con las mismas capacidades aprobadas de inyección y de tratamiento de gases en la plataforma Clúster 46, por tres (3) años adicionales.
- Conversión de dos (2) pozos productores u observadores existentes, a pozos de inyección de aire y agua en la plataforma Clúster 46 en el campo Chichimene.
- Prueba tecnológica de descarbonización: aprovechamiento de CO<sub>2</sub> (5-10 mmscfd) con fines de recobro mejorado, hasta por cinco años desde el inicio de la inyección, a través de un pozo nuevo o existente.
- Construcción y operación de la línea de transmisión eléctrica de doble circuito 115 kV que transcurre dentro del Área de Influencia del Bloque Cubarral y conecta con el Centro de Distribución Acacias (CDK).

➤ **Piloto de inyección de aire**

La presente modificación se enmarca en la etapa de extensión del piloto que tiene como finalidad dar continuidad a la prueba tecnológica de inyección de aire en la formación San Fernando (T2), mediante el uso de las facilidades localizadas en el clúster 46 del campo Chichimene y que se lleva a cabo desde el 5 de septiembre de 2019 cuando se inició la inyección de aire en el pozo CH-174.

Actualmente al interior del Clúster 46, está operando el piloto de inyección de aire (PIAR), en donde se evidencia la infraestructura requerida en superficie, incluyendo equipos y los componentes necesarios, para el desarrollo de las actividades inherentes a la inyección de aire en el pozo inyector CH-174, con el fin de potenciar el incremento del factor de recobro, evaluando técnica, ambiental y económicamente, si es posible obtener resultados exitosos y realizar la preparación técnica y las condiciones de seguridad necesarios para implementar el proceso en el resto del campo.

La relevancia de extender el piloto de inyección de aire se fundamenta en probar en condiciones operacionales controladas, a través de un monitoreo robusto, como parte de la transición orgánica de una escala piloto a una escala comercial de la tecnología de combustión *in situ* en el campo Chichimene. A medida que avanza el proceso (avance del frente de combustión desde los pozos inyectoras a los pozos productores), se requieren mayores volúmenes de inyección de aire con el fin de mantener en el punto óptimo la eficiencia del proceso. Por lo tanto, desde el punto de vista de viabilidad técnica se tiene la necesidad de probar en el piloto mayores caudales de inyección de aire y de mejorar la distribución del aire inyectado en el yacimiento, a través de dos pozos inyectores adicionales que utilizarán la capacidad de inyección instalada.

Por tal razón, como parte de la presente modificación, se solicita la autorización para la conversión de dos pozos productores u observadores existentes, a inyectores de aire/agua. Adicionalmente, con el objetivo de asegurar la operación de estos dos pozos y mejorar aspectos operacionales de las facilidades, se requieren adecuar las facilidades existentes como: múltiple de inyección aire/agua/nitrógeno, múltiple de refrigeración, cambio de líneas de producción a líneas de inyección, adecuaciones en el área de separación, sistema de compresión, sistema sulfatreat® e incinerador.

➤ **Prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>**

Las tecnologías de recobro mejorado de crudo (EOR, por sus siglas en inglés) se utilizan para extraer reservas de petróleo mediante la inyección de diferentes agentes y dado que los reservorios de petróleo pesado son mucho más difíciles de explotar que los reservorios de crudo ligero, se han desarrollado y aplicado una variedad de tecnologías EOR en todo el mundo.

La prueba Tecnológica de CO<sub>2</sub> – EOR en las arenas inferiores del K1 y/o K2 Chichimene permitirá evaluar las tecnologías de captura e inyección de CO<sub>2</sub> con fines de recuperación adicional de petróleo. Dicha actividad se encuentra alineada con la estrategia de descarbonización y transición

energética establecida por el Grupo Ecopetrol, a fin de considerar procesos amigables con el medio ambiente como la captura, utilización y almacenamiento del CO<sub>2</sub> (CCUS, *Carbon Capture, Use and Storage*, por sus siglas en inglés).

Las tecnologías de captura de CO<sub>2</sub> e inyección en el subsuelo con fines de almacenamiento o proceso de recuperación adicional de petróleo (EOR) se consideran maduras y probadas exitosamente en otras partes del mundo.

Los objetivos específicos de la prueba tecnológica de descarbonización se presentan a continuación:

- Evaluar la viabilidad técnica y económica del proceso de Inyección de CO<sub>2</sub> - EOR para incrementar la producción de petróleo de las arenas inferiores del K1 y/o K2, contribuir con las metas de descarbonización, y reducir emisiones de gases de efecto invernadero en el Campo Chichimene.
- Utilizar el flujo de CO<sub>2</sub> para su posterior aprovechamiento para recobro mejorado (EOR).
- Seleccionar un pozo del campo Chichimene (existente o perforación nueva) cuyo objetivo sea la inyección de CO<sub>2</sub> en las arenas inferiores de la Formación K1 y/o K2, para ejecutar la prueba tecnológica de descarbonización.
- Aprovechar el CO<sub>2</sub> proveniente de otros campos o instalaciones industriales que cuenten con autorización para la entrega de fluidos.
- Transportar el CO<sub>2</sub> desde la planta de captura (5-10 MMSCFD) hasta el pozo inyector, para evaluar el comportamiento de la inyección y la respuesta del yacimiento al proceso de CO<sub>2</sub>-EOR.

#### ➤ Transmisión eléctrica de 115 kV

Como parte de las estrategias de desarrollo, y teniendo en cuenta la realización del presente EIA para la modificación del PMA del Bloque Cubarral, se tiene la inclusión de la construcción y operación de la línea de transmisión eléctrica de alta tensión, doble circuito de 115 kV, en el tramo que transcurre dentro del área de influencia del bloque Cubarral y el CDK Acacias, para la construcción y operación de la línea eléctrica y a lo establecido en el numeral 4 del Artículo 2.2.2.3.7.1 del Decreto 1076 de 2015 en donde la actividad de construcción de la línea eléctrica se adecúa a la causal de modificación de la Licencia Ambiental.

La línea de transmisión eléctrica de 115 kV, tiene una longitud aproximada de 14,03 km y 26 torres proyectadas, comenzando sobre el límite occidental del Bloque Apiay, de los cuales 11,02 km transcurriendo en lo que hoy hace parte del Área de Influencia del Bloque Cubarral y 3,01 km están dentro del Bloque, conectando con el Centro de Distribución Acacias (CDK).

A continuación, en la Tabla R-7 se presentan las etapas y actividades del proyecto enmarcadas bajo la Resolución 728 de 2016, modificada por la Resolución 293 de 2016.

**Tabla R-7. Etapas y actividades del proyecto**

ETAPAS Y ACTIVIDADES PARA LA PRESENTE MODIFICACIÓN PMAI CUBARRAL				ACTIVIDADES APROBADAS PMAI RESOLUCIÓN 728 DE 2012	
ETAPA	SUBETAPA	ACT. #	ACTIVIDADES PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS ESCENARIO CON PROYECTO PRESENTE MODIFICACIÓN	#	ACTIVIDADES PMAI RESOLUCIÓN 728 DE 2012
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		1	Contratación y capacitación del personal	-	-
		2	Movilización de maquinaria, equipos, fluidos (crudo, combustibles, nafta, gas, agua y CO <sub>2</sub> ), materiales y personal	1	Movilización de maquinaria, equipos, fluidos (crudo, combustibles, nafta, gas y agua), materiales y personal. Incluye el

ETAPAS Y ACTIVIDADES PARA LA PRESENTE MODIFICACIÓN PMAI CUBARRAL			ACTIVIDADES APROBADAS PMAI RESOLUCIÓN 728 DE 2012	
				transporte por carrotanque de CO <sub>2</sub> en fase líquida.
		3	Captación y uso de agua	-
		4	Gestión de combustible (gas, ACPM y GLP), sustancias químicas y lubricantes	2
		5	Negociación de predios y servidumbre	3
CONSTRUCTIVA	CONSTRUCCIÓN, AMPLIACIÓN Y ADECUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA	6	Instalación y operación de frentes de obra temporales	4
		7	Operación de maquinaria y equipos de construcción	5
		8	Desmante y descapote	6
		9	Excavación, cortes y rellenos	7
CONSTRUCTIVA	CONSTRUCCIÓN, AMPLIACIÓN Y ADECUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA	10	Construcción de obras en concreto, obras de drenaje, obras de arte y cruces especiales	8
		11	Construcción y adecuación de obras de estabilidad geotécnica y revegetalización	9
		12	Instalación, izaje, montaje de infraestructura (eléctrica, mecánica, incluido el tendido de líneas eléctricas y de tuberías)	10
		13	Pruebas hidrostáticas	11
OPERATIVO	PERFORACIÓN	14	Montaje, operación del taladro y equipos conexos	12
		15	Gestión de lodos y cortes de perforación	13
	PRUEBAS DE PRODUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL (PRODUCCIÓN DE LOS POZOS)	16	Pruebas de producción y Operación de los sistemas de levantamiento artificial (producción de los pozos)	14
		REACONDICIONAMIENTO DE POZOS	17	Reacondicionamiento de pozos
	TRATAMIENTO ALMACENAMIENTO Y ENTREGA DE FLUIDOS	18	Tratamiento, almacenamiento y entrega de fluidos (crudo, agua y gas)	16
	INYECCIÓN DE FLUIDOS (AGUA, AGUA MEJORADA Y/O GAS)	19	Operación de facilidades de tratamiento e inyección de fluidos	21
20		Inyección de fluidos - Recobro Térmico y/o No Térmico (agua, agua mejorada y/o gas)	22	
OPERATIVO	OPERACIÓN PROYECTOS PILOTO	21	Piloto de Inyección de aire	23
	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	22	Generación de energía eléctrica	25
	OPERACIÓN DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y SUMINISTRO ENERGÉTICO	23	Operación de sistemas de transmisión y suministro de energía eléctrica	-
	MANTENIMIENTO	24	Mantenimiento de vías	17
		25	Mantenimiento de las estaciones y equipos	18
		26	Mantenimiento del sistema de suministro de energía eléctrica (incluye poda del derecho de vía)	19
		27	Mantenimiento de la tubería y del derecho de vía (DDV)	20
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL	28	Desmantelamiento y salida de maquinaria y equipos	26	
	29	Desmantelamiento y abandono de pozo inyector	-	

ETAPAS Y ACTIVIDADES PARA LA PRESENTE MODIFICACIÓN PMAI CUBARRAL			ACTIVIDADES APROBADAS PMAI RESOLUCIÓN 728 DE 2012	
	30	Limpieza del área	27	Limpieza del área
	31	Cierre de piscinas y/o retiro de tanques	28	Cierre de piscinas y/o retiro de tanques
	32	Restauración paisajística	29	Restauración paisajística

*Fuente Resolución 728 06 de septiembre de 2012, modificada por la Resolución 293 de 2016 Autoridad Nacional de licencias Ambientales (ANLA).*

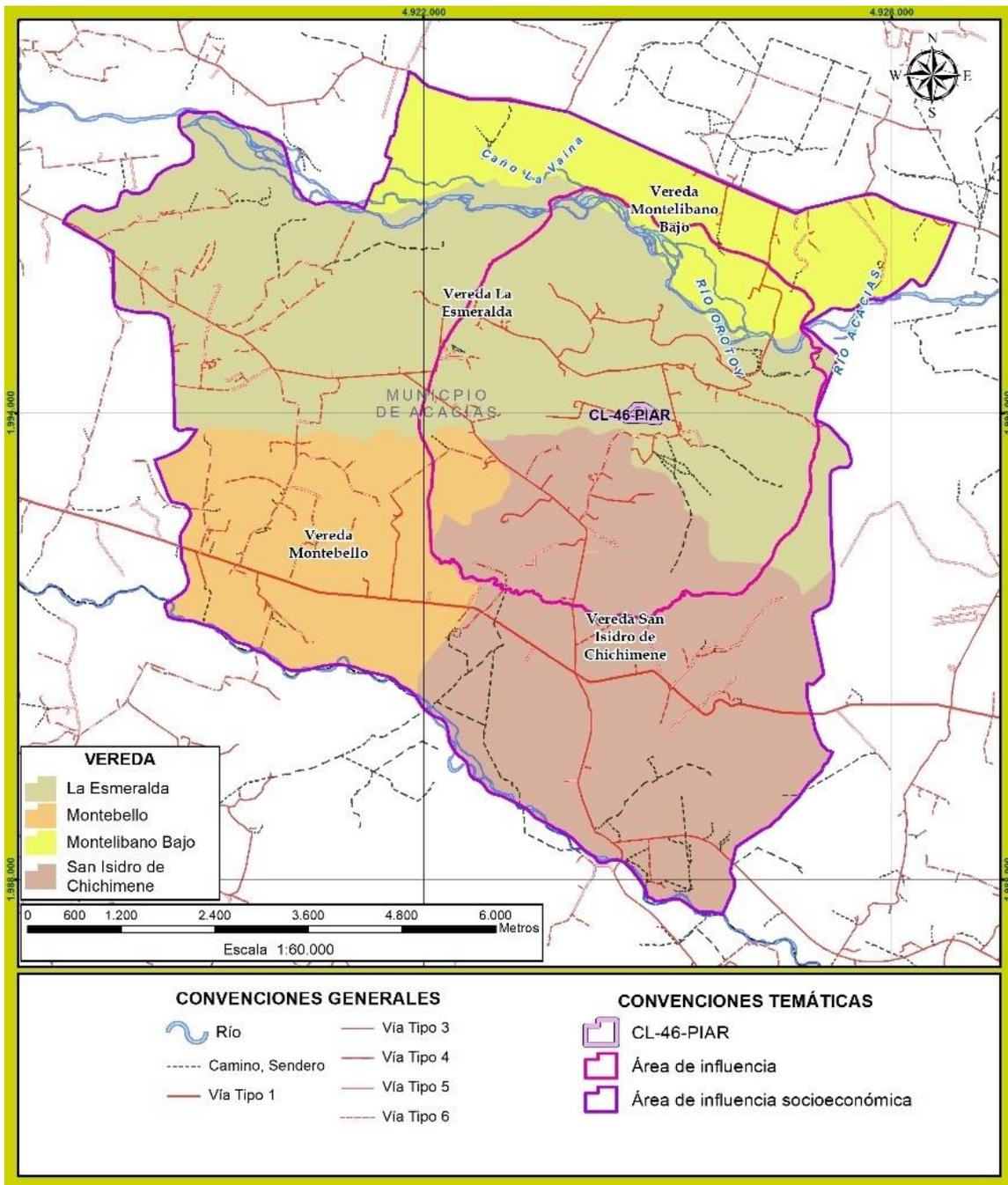
Tal y como se mostró en la Tabla R-7 la Modificación del Plan de Manejo ambiental del Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene, no implica la intervención de áreas diferentes a las ya autorizadas y aprobadas mediante las Resolución 278 de 2012 y la Resolución 293 de 2016.

### 3. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL ÁREA

#### 3.1 ÁREA DE INFLUENCIA

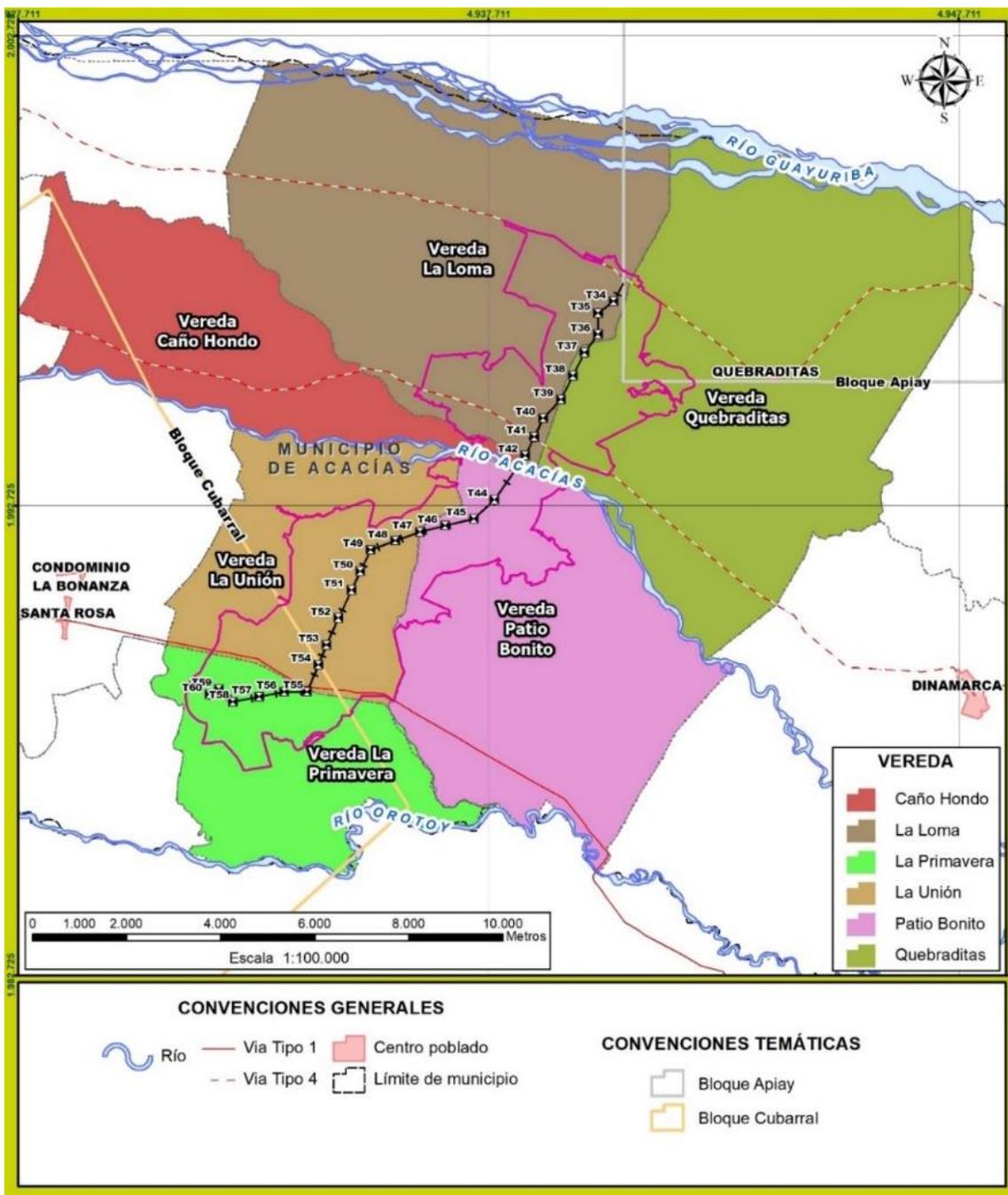
Teniendo en cuenta que las actividades objeto de la presente modificación para la continuación del Piloto de inyección de aire (en adelante PIAR), la realización de la Prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub> y la construcción y operación de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV se encuentran inmersas en el Área de influencia del Bloque Cubarral (ver Figura R-6) y que los impactos ambientales no la trascienden ni la modifican, puesto que se hará uso de la infraestructura vial existente, así como el uso y aprovechamiento de los recursos que el Bloque Cubarral ya tiene autorizados, no se pretende realizar ninguna modificación al área de influencia ya validada y aprobada mediante la Resolución 728 del 06 de septiembre de 2012 y la Resolución 293 del 10 de marzo de 2016 para el Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene

No obstante, conociendo que las actividades objeto de modificación se desarrollarán en áreas diferentes y distantes entre ellas, se consideró necesario definir dos áreas de influencia independientes, una para las actividades que se seguirán desarrollando dentro del Piloto de Inyección de Aire y la Prueba Tecnológica de Descarbonización CO<sub>2</sub> y la segunda para la construcción y operación de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV (ver Figura R-6 y Figura R-5).



**Figura R-6. Área de influencia definitiva socioeconómica para el Piloto de Inyección de aire (PIAR) y Prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-7. Área de influencia definitiva Socioeconómica para Línea de Transmisión Eléctrica de 115 kV**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

## 3.2 MEDIO ABIÓTICO

### 3.2.1 Geología

Las unidades geológicas presentes en el área de influencia físico-biótica de la planta de inyección de aire (PIAR) y prueba de descarbonización y el área de influencia físico-biótica de la línea de transmisión eléctrica corresponden a Depósitos Cuaternarios, los cuales se dividen en: **Depósitos aluviales de cauces menores (Q2-al2)**, **Depósitos aluviales de cauce activo (Q2-al1)**, **Deposito de llanura aluvial (Q2-IIa)**, **Deposito coluvial (Q1-co)**, **Depósitos de terraza aluvial (Q1-t)** y **Depósito de abanico aluvial (Q1-ca)**, además de los **Depósitos antrópicos (Q2-ar)** resultado del modelamiento antrópico efectuado por la industria petrolera en el área.

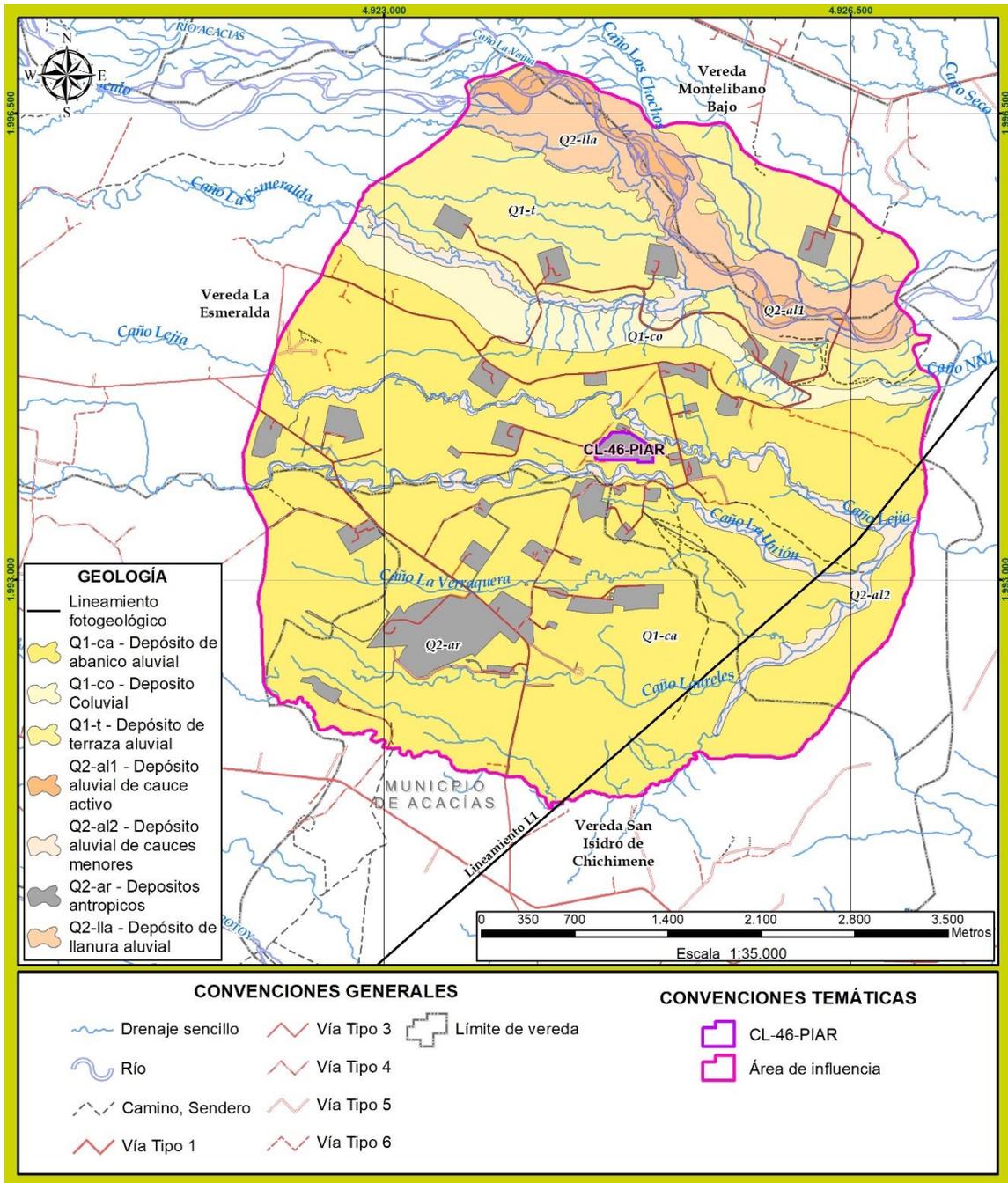
En la Tabla R-8 se presenta la columna estratigráfica de las unidades geológicas superficiales presentes en el área de estudio y en la Figura R-8 y la Figura R-9 su distribución espacial.

**Tabla R-8. Unidades Geológicas para el AI físico biótica del proyecto**

PERÍODO	ÉPOCA	UNIDAD	NOMENC.	DESCRIPCIÓN	AI PIAR – PRUEBA DE DESCARBONIZACIÓN		AI LINEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA	
					Ha	%	Ha	%
Cuaternario Q	Holoceno Q2	Depósitos antrópicos	<b>Q2-ar</b>	Material de relleno heterogéneo conformado por gravas de diferente composición con matriz arenosa de color gris, las gravas presentan un tamaño aproximado de 2 a 3 cm. Estos depósitos se encuentran dispersos por toda el área de influencia y corresponde a las áreas y vías que han sido dispuestas para el desarrollo de la industria petrolera.	167,82	7,78%	111,86	2,91%
		Depósito aluvial de cauces menores	<b>Q2-al2</b>	Corresponde a los materiales presentes en los cauces menores que disectan los depósitos de abanico aluvial, constituidos principalmente por arenas y arcillas de color rojizo a gris oscuro, con gránulos a cantos en menos proporción de forma redondeada a subredondeada, con una selección moderada	112,09	5,19%	117,15	3,05%
		Depósito aluvial de cauce activo	<b>Q2 – al1</b>	Corresponden a los materiales que forman barras longitudinales y centrales, están constituidos por guijarros, cantos y bloques con escasa matriz, en las orillas y el fondo del cauce se aprecia una arcilla rojiza de consistencia firme a dura.	54,11	2,51%	22,45	0,58%
		Depósito de llanura aluvial	<b>Q2-IIa</b>	Depósitos originados por la acción dinámica y continua del río Acacias, especialmente; son depósitos clastodoportados conformados por sedimentos de clastos heterométricos, redondeados, subesféricos a subelongados, mal seleccionados, imbricados, compuestos por gravas y bloques en una matriz areno limosa o arcillosa, que se intercalan con capas lenticulares de arenas finas limos y arcillas.	142,66	6,61%	56,98	1,48%
	Pleistoceno Q1	Deposito Coluvial	<b>Q1-co</b>	Depósitos de gravas, compuestos por cantos guijos y gránulos redondeados a sub-redondeados con disposición caótica en matriz limo arcillosa de color pardo amarillento.	103,23	4,78%	0	0,00%

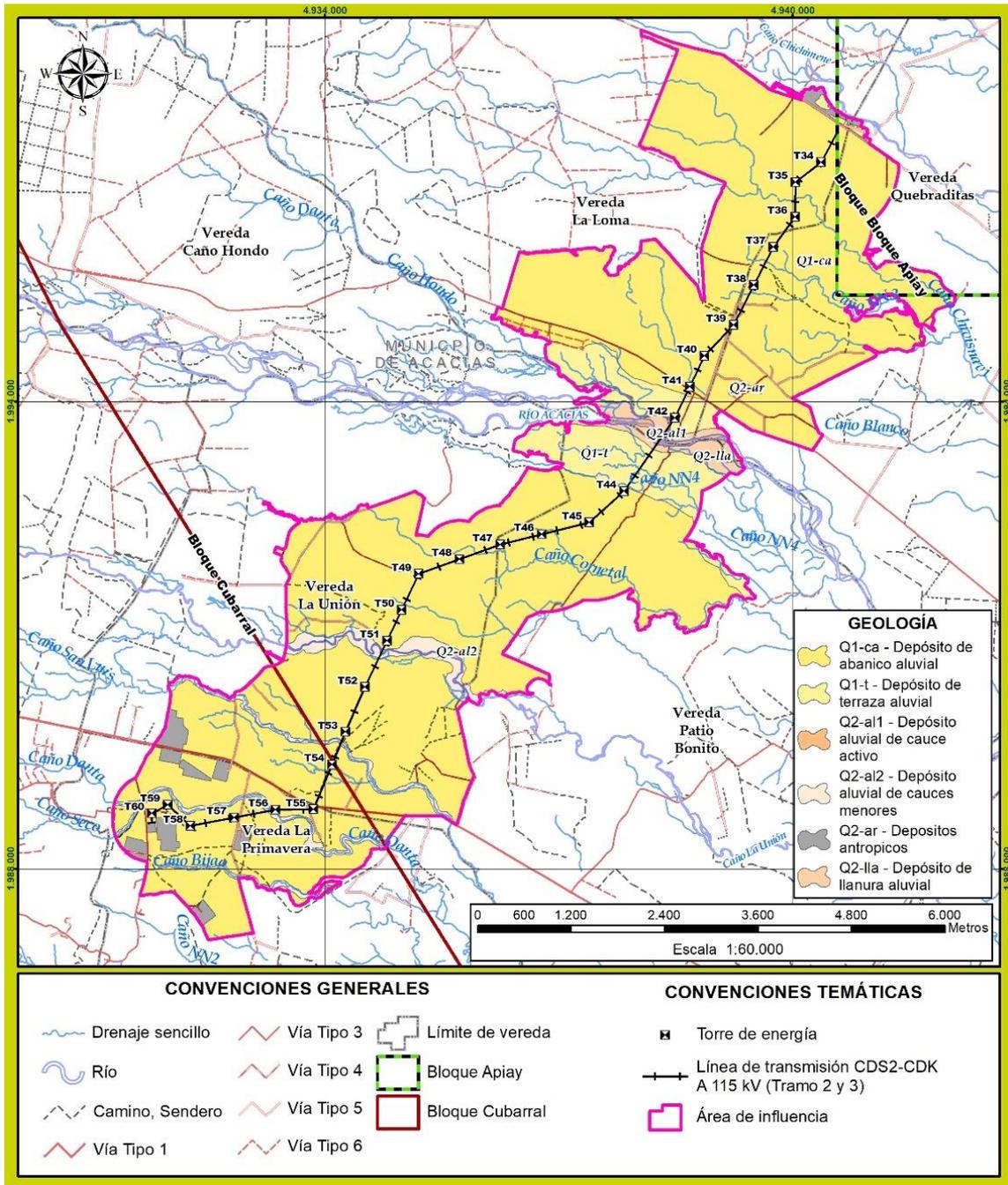
PERÍODO	ÉPOCA	UNIDAD	NOMENC.	DESCRIPCIÓN	AI PIAR – PRUEBA DE DESCARBONIZACIÓN		AI LINEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA	
					Ha	%	Ha	%
		Depósito de terraza aluvial	Q1 - t	Están conformados por un nivel de guijarros y bloques, esféricos y sub-esféricos, bien redondeados, con matriz areno arcillosa de color pardo, arcillas rojizas compactas y un nivel de arenas limosas con presencia de gravas finas. En el área se presentan varios niveles de terrazas. Los cuales corresponden a diferentes pulsos espaciados en el tiempo.	307,22	14,24%	265,60	6,91%
		Depósito de abanico aluvial	Q1 - ca	Niveles de gravas intercalados por niveles de arenas medias y arenas de grano fino con matriz arcillosa, cubiertos por una capa de suelo orgánico de color pardo.	1.270,59	58,89%	3.270,07	85,07%
<b>TOTAL</b>					<b>2157,73</b>	<b>100%</b>	<b>3844,12</b>	<b>100%</b>

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-8. Unidades geológicas para el área de influencia físico-biótica de la PIAR y Prueba Tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-9. Unidades geológicas para el área de influencia físico-biótica de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 3.2.2 Geomorfología

Las unidades geomorfológicas identificadas área de influencia físico-biótica de la planta de inyección de aire (PIAR) y prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>, y el área de influencia físico-biótica de la línea de transmisión eléctrica, son el resultado a nivel regional de la interacción de procesos estructurales - erosionales, denudativos, acumulativos y climáticos asociados con el levantamiento de la Cordillera Oriental y la posterior depositación en la cuenca de los Llanos Orientales, que sumados a la composición litológica en superficie determinaron las geoformas que actualmente predominan en la zona.

En la Tabla R-9 se presenta la leyenda de unidades geomorfológicas, así como las Figura R-10 y Figura R-11 para el área de influencia para el Piloto de inyección de aire, prueba tecnológica de descarbonización y línea de transmisión eléctrica con las unidades para las áreas de influencia del proyecto

**Tabla R-9. Unidades Geomorfológicas para el área de influencia físico-biótica del proyecto**

PAISAJE	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	TIPO DE RELIEVE	FORMA DEL TERRENO	NOMENC.	DESCRIPCIÓN	AI PIAR – PRUEBA DE DESCARBONIZACIÓN		AI LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA	
						Ha	%	Ha	%
Piedemonte	Depositional	Abanico	Cuerpo del abanico	PDca	Constituye una superficie plana e irregular, con pendientes bajas entre 0 - 7%, presenta una disección moderada de los drenajes Las 2 áreas de influencia del proyecto están morfológicamente ubicada en la parte media del abanico aluvial.	1.268,03	58,77%	3.234,99	84,15%
Piedemonte	Depositional	Abanico	Ladera Coluvial	PDic	Geoforma que constituye laderas con pendientes moderadas a empinadas, principalmente cortas, convexas, suavemente onduladas y moderadamente disectadas. Corresponden con los depósitos producidos por deslizamientos de sedimentos provenientes del Abanico.	103,23	4,78%	0,00	0,00%
		Valle	Vallecito	PDvv	Corresponden a los drenajes que disectan el abanico aluvial, estos drenajes en el área de estudio presentan una disección moderada, presenta valle en forma de U	82,87	3,84%	117,15	3,05%
		Bajos Inundables	Cubetas	PDcb	Áreas con una morfología cóncava donde se presentan empozamientos de agua esporádicos en eventos de lluvias prolongadas.	2,56	0,12%	35,09	0,91%
VDcb				3,04	0,14%	0,00	0,00%		
Valle	Plano de inundación de río Meándrico	Cauce activo	VDca	Corresponde al área por el cual se presenta el cauce actual del río Acacias y otros drenajes de menor orden que confluyen , en el cual se presentan barras centrales producto de la dinámica y pendiente baja del cauce. Presenta procesos morfodinámicos de socavación lateral y de fondo	25,96	1,20%	14,28	0,37%	

PAISAJE	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	TIPO DE RELIEVE	FORMA DEL TERRENO	NOMENC.	DESCRIPCIÓN	AI PIAR – PRUEBA DE DESCARBONIZACIÓN		AI LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA	
						Ha	%	Ha	%
Valle	Depositional	Plano de inundación de río Meándrico	Barras y orillares	Vdbo	Corresponde a las áreas adyacentes al río Acacias y por las cuales este a divagado gracias a la dinámica fluvial y a la baja pendiente del área. Estas áreas generalmente, se encuentran a una altura un poco mayor que el cauce actual y donde se presentan procesos de inundación en épocas de lluvias máximas.	28,08	1,30%	8,01	0,21%
		Niveles de terraza	Plano de terraza baja	VDtb	Geomorfológicamente estas unidades están directamente asociadas a la dinámica fluvial del río Acacias y corresponden a diferentes pulsos espaciados en el tiempo; es así como las terrazas altas son las más antiguas y las terrazas bajas hacen parte de la dinámica actual del río. La terraza media se encuentra bastante disectada por drenajes menores siendo el Caño Esmeralda el más importante en el área de la PIAR y prueba de descarbonización.	142,22	6,59%	64,44	1,68%
			Plano de terraza media	VDtm		279,53	12,95%	142,32	3,70%
			Plano de terraza alta	Vdta		54,32	2,52%	115,82	3,01%
Modelamiento Antrópico				Ma	Zonas adecuadas para la explotación de hidrocarburos y sus vías de acceso, en general consta de un terraplén de apróx. 1 a 2 m de espesor, construidos con materiales de afirmado, los cuales cumple la función de elevar el nivel base de las áreas a intervenir del nivel natural, con el fin de evitar procesos de inundación.	167,89	7,78%	112,03	2,91%
<b>TOTAL</b>						<b>2157,73</b>	<b>100%</b>	<b>3844,12</b>	<b>100%</b>

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

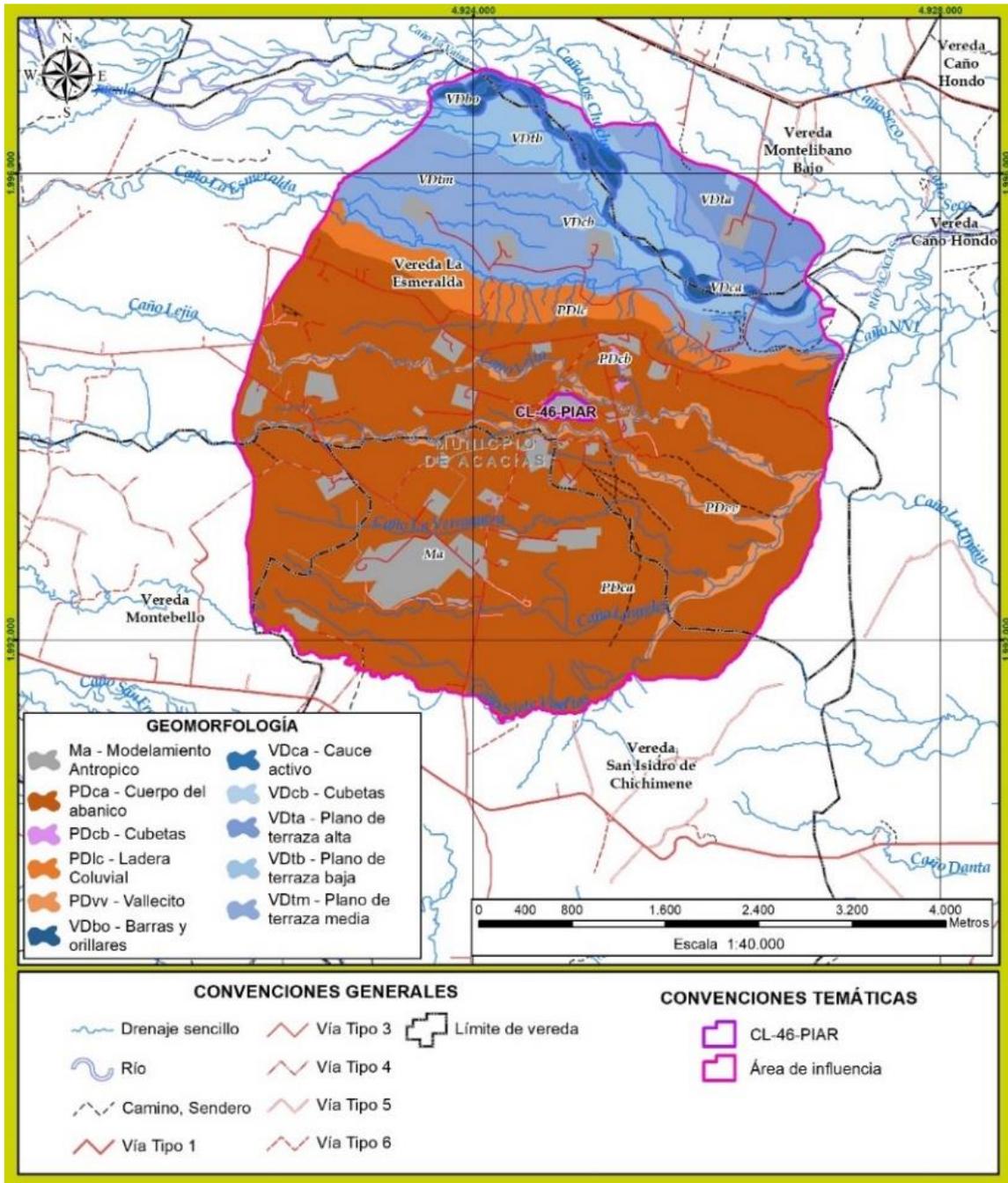
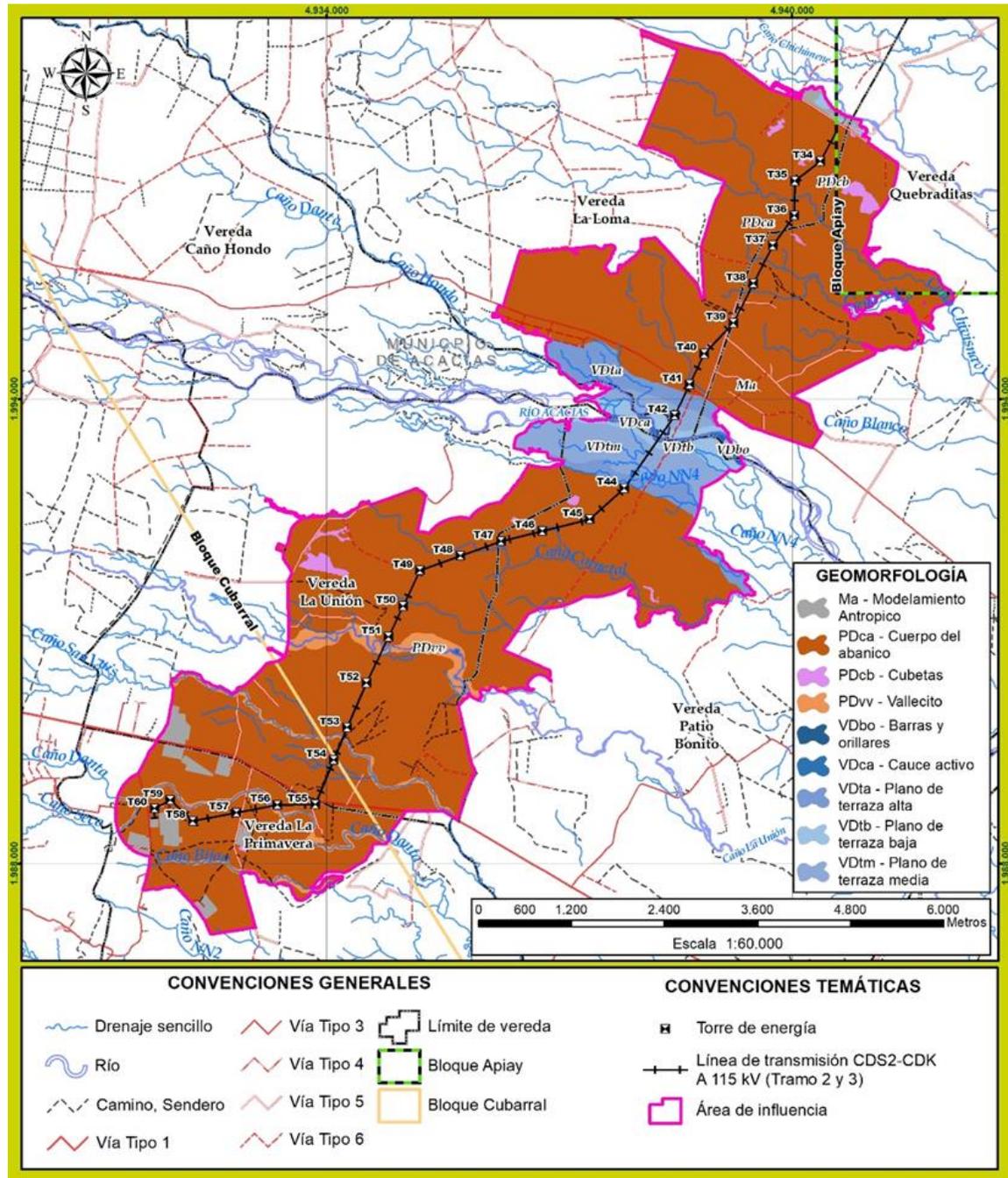


Figura R-10. Unidades geomorfológicas para el AI físico-biótica de la planta de inyección de aire (PIAR) y la Prueba Tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-11. Unidades geomorfológicas para el área de influencia físico-biótica de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

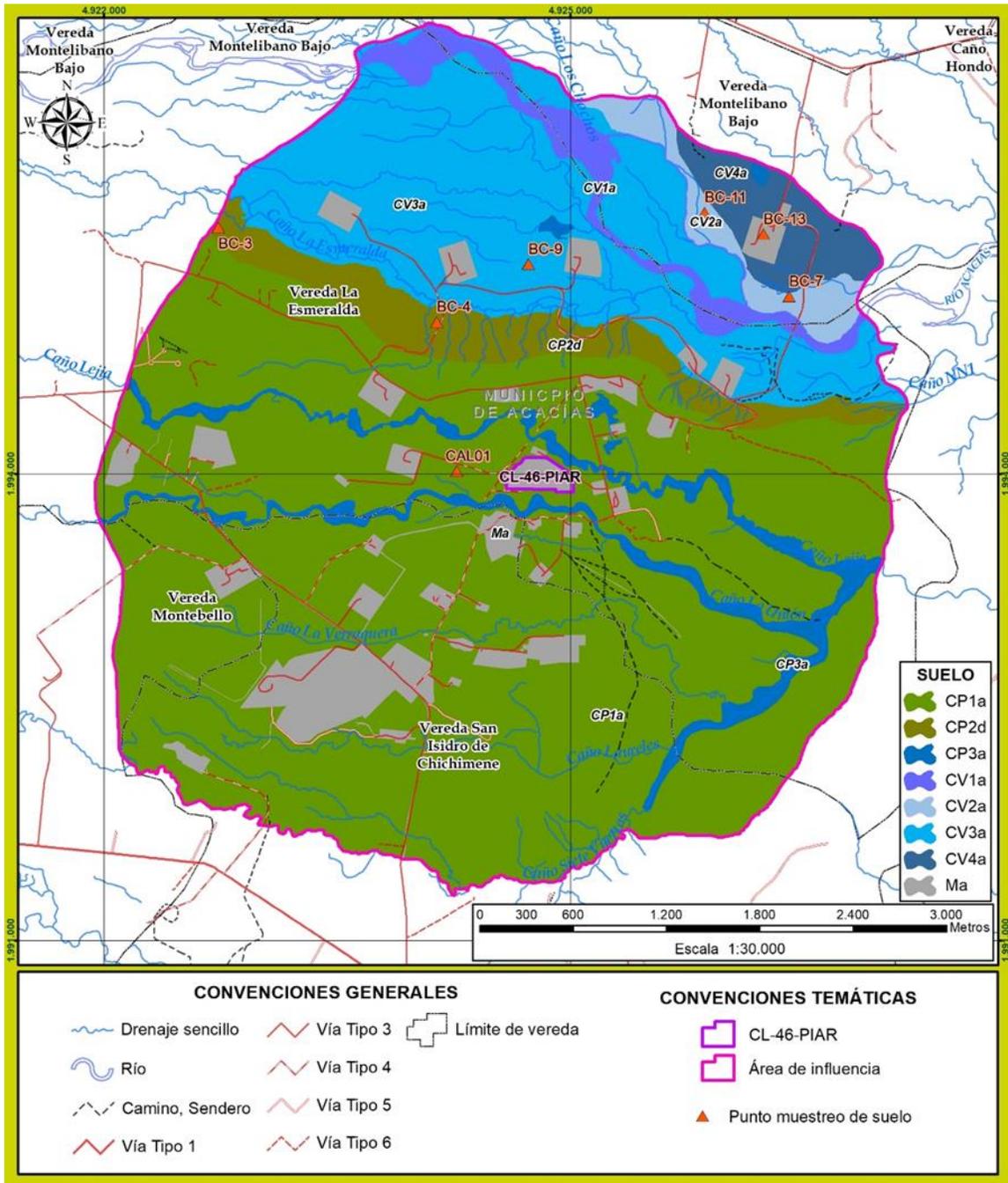
### 3.2.3 Suelos

Los suelos del área de influencia de la modificación del PMA del Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene se presentan en los paisajes de piedemonte y valle, tal y como se muestra en la Tabla R-10, la Figura R-12 y la Figura R-13.

Tabla R-10. Unidades de suelos del área de influencia físico-biótica del proyecto

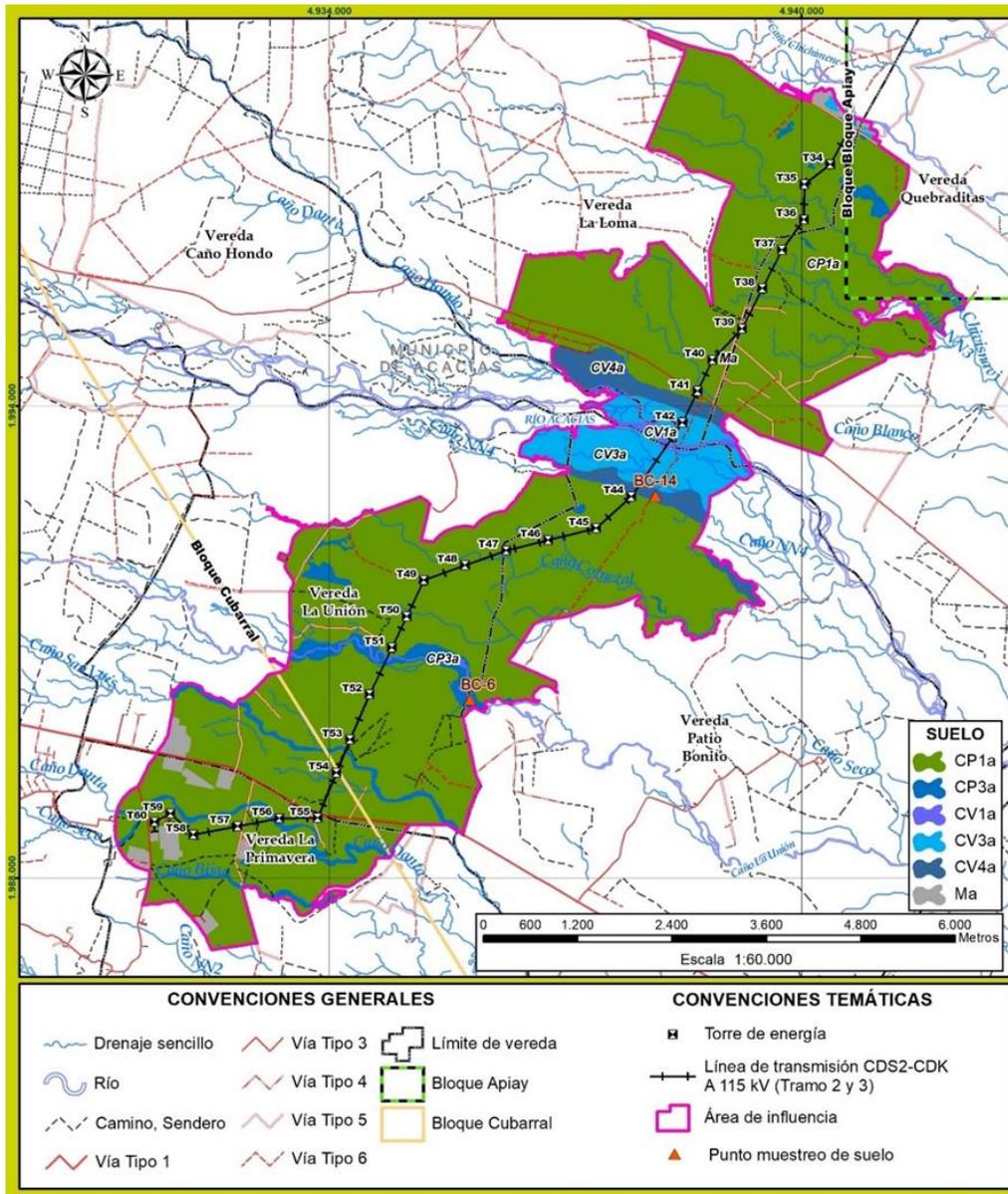
CLIMA AMBIENTAL	AMBIENTE MORFOGENÉTICO DEL PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	FORMA TERRENO	LITOLÓGIA	CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE	CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS	UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELOS				ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA 115 kV		ÁREA DE INFLUENCIA FÍSICO-BIÓTICA DEL PILOTO DE INYECCIÓN DE AIRE- PRUEBA DE DESCARBONIZACIÓN CO2	
							CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	NOMBRE / COMPONENTE TAXONÓMICO*1	PERFILES DE SUELOS	SÍMBOLO SUELOS / FASE	Ha	%	Ha	%
Cálido húmedo	Abanico aluvial	Abanico	Cuerpo del abanico	Depósito de abanico aluvial	Relieve plano e irregular, con pendientes bajas entre 0 - 7%, presenta una disección moderada de los drenajes.	Escurrimiento difuso, erosión laminar, escurrimiento concentrado	Son suelos bien drenados, profundos, con un grado de desarrollo estructural moderado y texturas moderadas y limitados por el pH bajo, lo que le imprime una baja fertilidad natural	Consociación Typic Dystrudepts, media, isohipertérmica	CAL01	CP1a	3.234,99	84,15%	1.268,03	58,77%
			Ladera Coluvial	Depósitos producidos por deslizamientos de materiales provenientes del abanico	Relieve moderado a empinadas, principalmente cortas, convexas, suavemente onduladas y moderadamente disectadas.	Fenómenos de remoción en masa, particularmente deslizamientos de diversa magnitud	Los suelos son bien a excesivamente drenados, profundos, con un grado de desarrollo estructural moderado y limitado en su mayoría por la alta saturación de aluminio, la baja fertilidad natural y la pendiente fuertemente inclinada.	Consociación Typic Dystrudepts, familia fina, isohipertérmica	BC-4 y BC-3	CP2d	0	0,00%	103,23	4,78%
		Bajos Inundables	Cubetas	Depósitos aluviales de cauce menores	Áreas con una morfología cóncava donde se presentan empozamientos de agua esporádicos en eventos de lluvias prolongadas.	Erosión fluvial y socavación lateral incipiente de márgenes ; y procesos de inundación.	Son suelos mal drenados, muy superficiales, con inundaciones frecuentes, con un grado de desarrollo estructural débil, texturas gruesas y con presencia de fragmentos de roca mayores al 90 %.	Consociación Typic Udorthents, fragmental, isohipertérmica.	BC-6	CP3a	152,24	3,96%	88,47	4,10%
		Valle	Vallecito		Corresponden a los drenajes que disectan el abanico aluvial, estos drenajes en el área de estudio presentan una disección moderada, presenta valle en forma de U									
	Valle aluvial	Plano de inundación de río meándrico	Cauce activo	Depósitos aluvial de cauce activo	Relieve plano – ondulado, con pendientes planas a ligeramente planas y configuración alargada, que están asociadas a una corriente hídrica móvil que adapta su geometría a los cambios hidráulicos y de caudal	Socavación lateral y de fondo, procesos de inundación.	No se presenta perfil modal, dado que corresponde al cauce activo del río, por tanto, no se han desarrollado suelos.	No aplica	CV1a	22,45	0,58%	54,04	2,50%	
			Barras y orillares											
		Niveles de terraza	Plano de terraza baja	Depósito de terraza aluvial	Pendientes que van de planas a ligeramente planas con un grado de disección ligero.	Debido a su contacto con la planicie de inundación de río Acacias, en el talud de este nivel de terraza se presenta socavación lateral	Son suelos en general bien drenados, con un grado de desarrollo estructural moderado, de fertilidad natural baja y texturas finas, con un alto grado de evolución y una fertilidad natural baja.	Consociación Typic Hapludox, familia fina, isohipertérmica	BC-7 Y BC-11	CV2a	0	0,00%	42,54	1,97%
	Plano de terraza media		Relieve plano, con pendientes que van de planas a ligeramente inclinadas, con un grado de disección entre ligero y moderado		Erosión hídrica pluvial laminar de grado ligero.	Son suelos bien drenados, con un grado de desarrollo estructural moderado, de fertilidad natural baja y texturas moderadamente finas, con un moderado grado de evolución y de adecuadas propiedades físicas	Consociación Typic Dystrudepts, franca fina, isohipertérmica	BC-09	CV3a	206,75	5,38%	379,21	17,57%	
	Plano de terraza alta		Pendientes que van de ligeramente inclinada a moderadamente inclinada con una configuración alargada		Erosión hídrica pluvial laminar de grado ligero.	Son suelos bien drenados, con un grado de desarrollo estructural moderado, de fertilidad natural baja, texturas moderadamente finas y un moderado grado de evolución	Consociación Typic Dystrudepts, franca gruesa, isohipertérmica, con inclusión de Typic Udorthents, fragmental.	BC-14	CV4a	115,82	3,01%	54,32	2,52%	
	Modelamiento Antrópico				Zonas adecuadas para la explotación de hidrocarburos y sus vías de acceso, en general consta de un terraplén de aproximadamente de 1 a 2 m de espesor., cubierto por una capa de pavimento de aproximadamente 30 cm. cumple la función a elevar el nivel base de las áreas a intervenir del nivel natural, con el fin de evitar procesos de inundación.			BC-13	Ma	111,86	2,91%	167,89	7,78%	
<b>Total</b>										<b>3.844,12</b>	<b>100,00%</b>	<b>2.157,73</b>	<b>100,00%</b>	

Fuente: (IGAC, 2004), adaptado por GEOTEC INGENIERIA, 2022.



**Figura R-12. Unidades de suelos del área de influencia de la planta de inyección de aire (PIAR) y prueba de descarbonización**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-13. Unidades de suelos del área de influencia de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

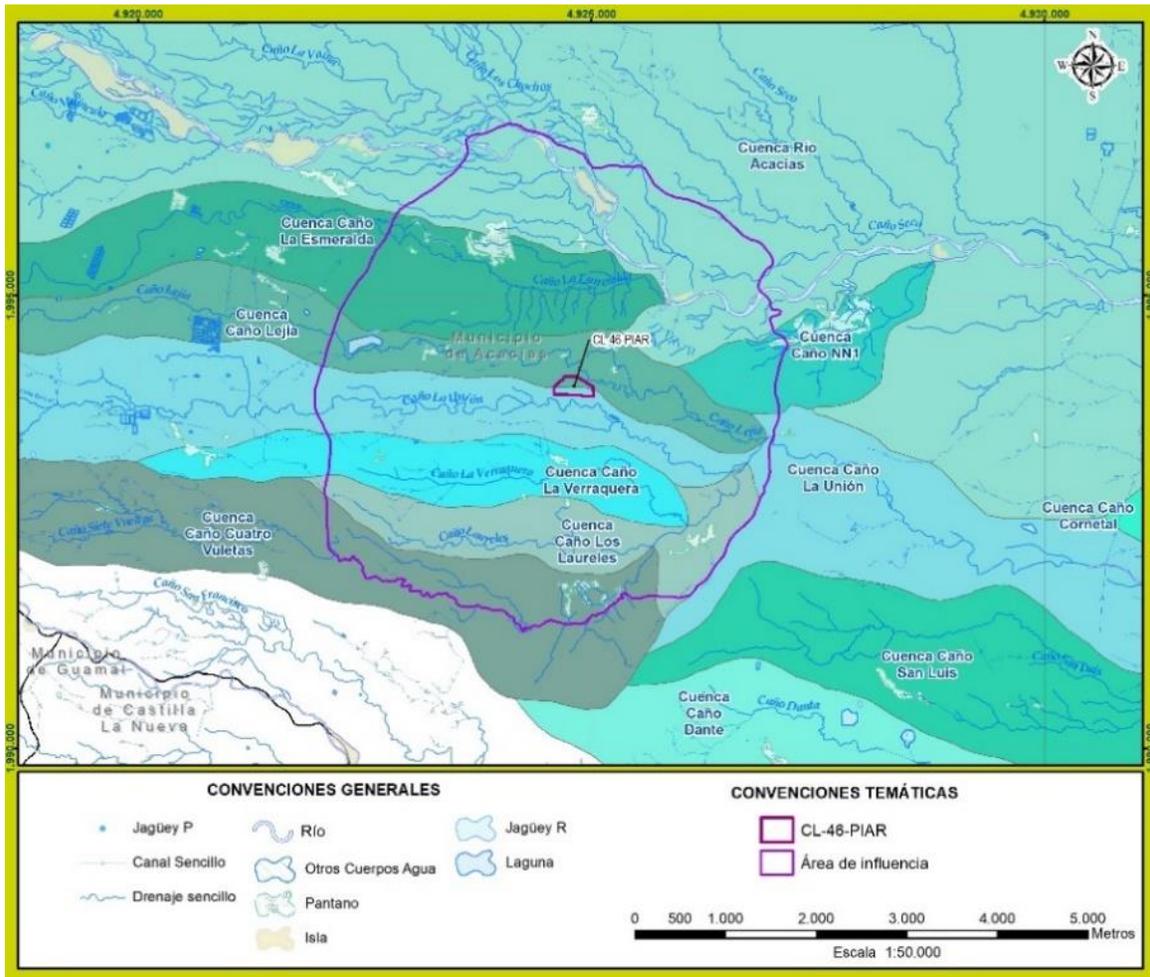
### 3.2.4 Hidrología

De acuerdo a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, la red de drenaje principal del proyecto, se localiza en el área hidrográfica del Orinoco (3), en la zona hidrográfica del Meta (35), entre las Subzonas hidrográficas del río Metica (3501), río Guayuriba (3502), río Acacias (3501), río La Lejía y La Unión, para el sector de la PIAR y la prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub> y las subcuencas de los caños Chichimene, Chivisnavi, caño Hondo, caño Cornetal, caño Seco, caños San Luis y caño Danta. La distribución hidrográfica correspondiente, se presenta en la Tabla R-11 y se espacializa en la Figura R-14 y la Figura R-15.

**Tabla R-11. Clasificación de la Red Hidrográfica en el área de influencia físico-biótica del proyecto**

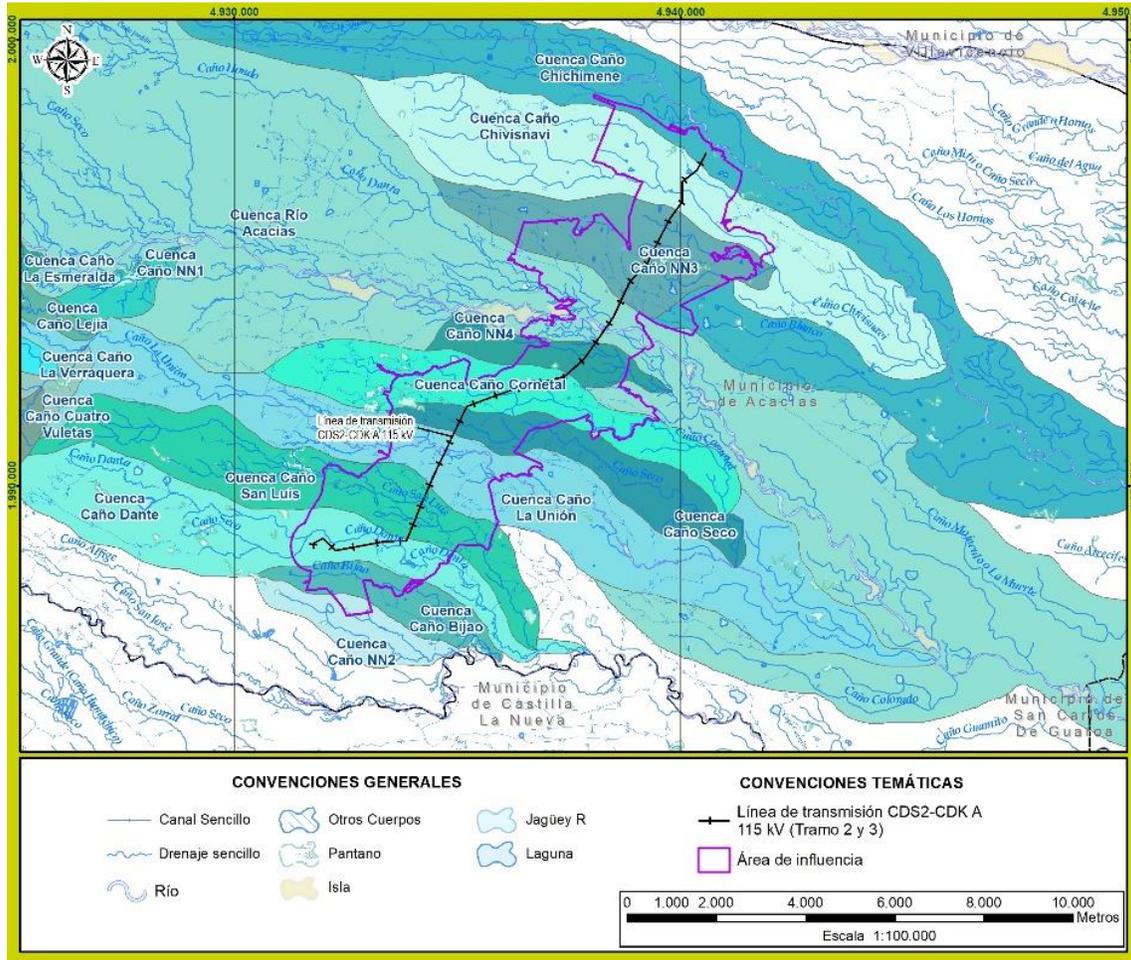
ÁREA HIDROGRÁFICA	COD.	ZONA HIDROGRÁFICA	COD.	SUB-ZONAS HIDROGRÁFICAS	COD.	CUENCA	SUB-CUENCA
RIO ORINOCO	3	RIO META	35	RÍO METICA	3501	RIO ACACIAS- PAJURE (35-01-01)	RIO ACACIAS
							CAÑO NN_1
							CAÑO LA ESMERALDA
							CAÑO SIETE VUELTAS
							CAÑO LA VERRAQUERA
							CAÑO LOS LAURELES
							LA LEJÍA
LA UNIÓN							
RIO ORINOCO	3	RIO META	35	RÍO METICA	3501	RIO ACACIAS- PAJURE (35-01-01)	CAÑO CHICHIMENE
							CAÑO NN_2
							CAÑO CHIVISNAVI
							CAÑO NN_3
							CAÑO NN_4
							CAÑO BIJAO
							CAÑO CORNETAL
							CAÑO SECO
							CAÑO SAN LUIS
							CAÑO DANTA

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-14. Delimitación de cuencas de drenaje sector PIAR y Prueba Tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>**

Fuente: IGAC, modificado GEOTEC INGENIERÍA.



**Figura R-15. Delimitación de cuencas de drenaje Línea de Transmisión Eléctrica de 115 kV**

Fuente: IGAC, modificado GEOTEC INGENIERÍA.

### 3.2.5 Calidad del agua

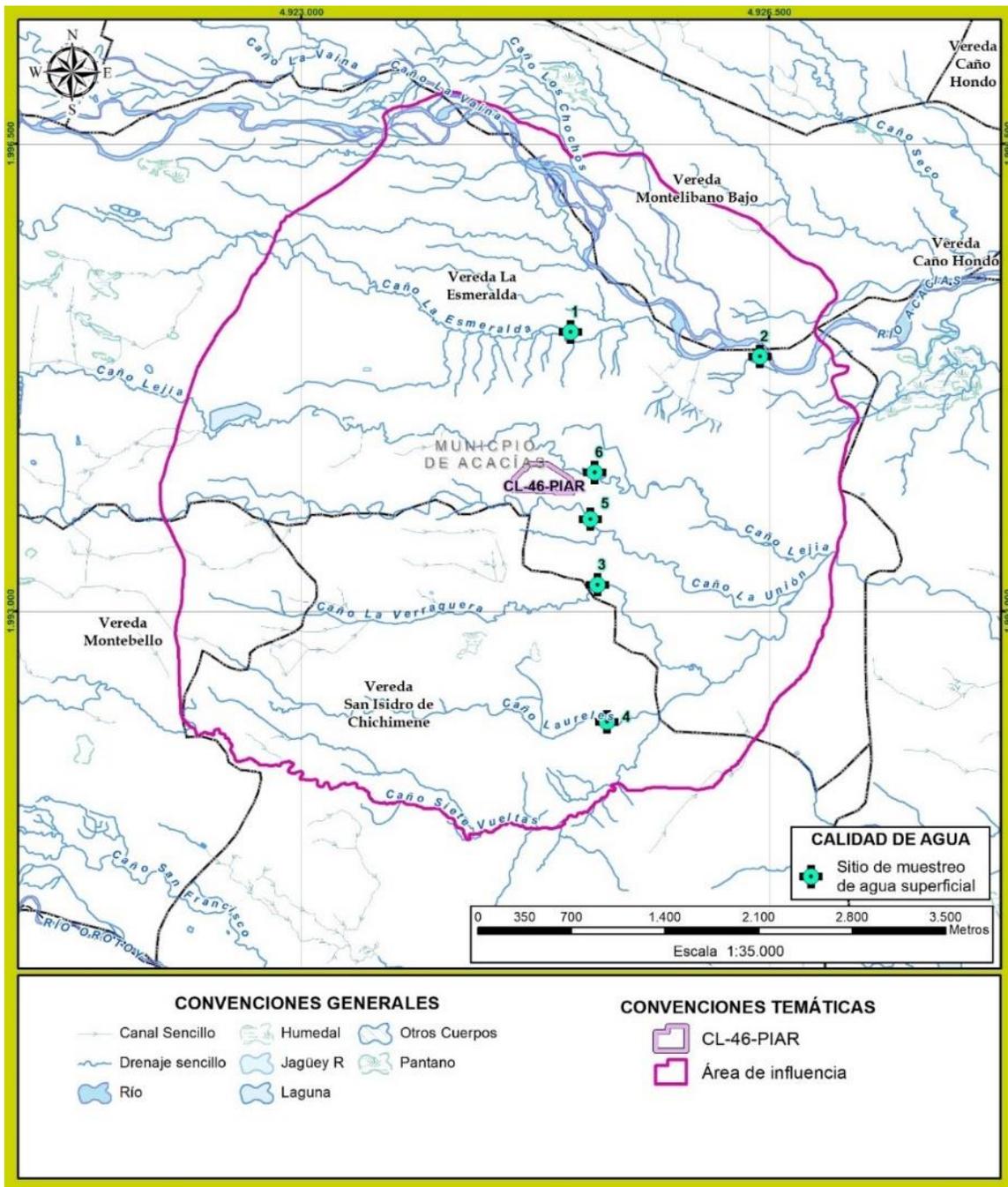
A continuación, se presentan los puntos de monitoreo utilizados para la caracterización de calidad del agua con información secundaria para las Planta de Inyección de Aire (PIAR), Prueba Tecnológica de Descarbonización CO<sub>2</sub> y primaria para la Línea Eléctrica de 115 kV (ver Tabla R-12).

**Tabla R-12. Puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad de agua superficial – información primaria**

NOMBRE	FECHA MONITOREO	ID PUNTO	CÓDIGO LABORATORIO	Coordenadas Planas Origen Nacional		DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
				ESTE	NORTE		
Caño La Esmeralda	02/06/2021	1	58437-1	4925016,00	1995093,00	Punto de monitoreo con vegetación densa y cauce es cóncavo. El lecho del caño es rocoso con arena. El agua se evidenció cristalina e inodora. Es cercano a la vía principal.	
	24/03/2022		MN281200				
Río Acacias	02/06/2021	2	58437-2	4926432,00	1994907,00	El cuerpo de agua cuenta con gran cauce, vegetación rípiara distante al espejo de agua. Cercanía a cultivo de palma de aceite. Lecho rocoso (rocas medianas y grandes) con arena. El agua se observó clara e inodora.	
	24/03/2022		MN281202				
Caño La Verraquera	01/06/2021	3	58410-1	4925219,00	1993199,00	Caño de poco flujo, lecho arcillo-arenoso con rocas de pequeño y mediano tamaño (cantos rodados). Área donde prevalece la ganadería. Agua de aspecto claro e inodora.	
	24/03/2022		MN281204				

NOMBRE	FECHA MONITOREO	ID PUNTO	CÓDIGO LABORATORIO	Coordenadas Planas Origen Nacional		DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
				ESTE	NORTE		
Caño Laureles	01/06/2021	4	58410-2	4925288,00	1992172,00	Cuerpo de agua de flujo bajo, lecho arcilloso con rocas (cantos rodados). Agua transparente con ligero tono verde. Vegetación raparía algo intervenida, existe gran cobertura de pastos. La actividad económica que predomina en la zona es la ganadería.	
	26/03/2022		MN281580				
Caño La Unión	31/05/2021	5	58397-2	4925163,00	1993691,00	Punto de muestreo con pendiente pronunciada (paso vehicular), lecho arenoso con rocas de mediano y pequeño tamaño. Agua ligeramente opaca. Vegetación raparía intervenida.	
	25/03/2022		MN281393				
Caño Lejía	31/05/2021	6	58397-1	4925197,00	1994039,00	Punto de monitoreo cercano a la vía, dominancia de pastos en el área. Lecho arcillo-arenoso, agua ligeramente opaca, de coloración verdosa. Vegetación raparía muy intervenida. Predominancia de ganadería en la zona.	
	25/03/2022		MN281391				

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-16. Distribución espacial de los puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad del agua superficial**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

En la Tabla R-13 se presentan los puntos monitoreados para ello, se seleccionaron cinco (5) puntos de muestreo de agua superficial localizados a una distancia de 100 metros aguas abajo de la línea eléctrica. De los cinco puntos de monitoreo, uno pertenece al río Acacias y los cuatro (4) restantes a los caños Chavisnavi, San Luis, La Unión y Danta.

De igual manera para dar cumplimiento a los análisis de caracterización en dos épocas climáticas diferentes (temporada de lluvias y temporada seca) se toma la información de la red de monitoreo del Bloque Cubarral para los caños Danta y San Luis, información obtenida en los ICA 33 (Informe de monitoreo del segundo semestre de 2021 correspondiente a la época de lluvias) y al ICA 34 (Informe de monitoreo del primer Trimestre de 2022 correspondiente a la época seca) (ver Tabla R-14).

**Tabla R-13. Puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad de agua superficial – información primaria**

NOMBRE	ID_PUNTO	Código Laboratorio	Coordenadas Planas Origen Nacional		FECHA DEL MONITOREO
			ESTE	NORTE	
Caño Chavisnvi	P1	M2022-0693	4940241,17	1996621,84	10/06/2022 09:30
			Coordenadas Geográficas		
			ESTE	NORTE	
			73°32'18,7"	3°58'09,3"	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Punto de muestreo con sustrato arenoso y rocoso, se presenta espejo de agua, con vegetación arbórea y arbustiva abundante, profundidad de 24 cm, y ancho de 5 m, sin olor y con corriente media				
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>					

NOMBRE	ID_PUNTO	Código Laboratorio	Coordenadas Planas Origen Nacional		FECHA DEL MONITOREO
			ESTE	NORTE	
Río Acacias	P2	M2022-0692	4938.482,04	1993.479,99	09/06/2022 15:40
			Coordenadas Geográficas		
			ESTE	ESTE	
			73°33'15,7"	3°56'26,9"	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Punto de muestreo con presencia de sustrato arenoso y rocoso, con una profundidad aproximada de 1 m y ancho aproximado de 40 m, vegetación arbórea y arbustiva abundante, sin olor, sin iridiscencias, corriente fuerte y con intervención antrópica en la zona.				
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>					

NOMBRE	ID_PUNTO	Código Laboratorio	Coordenadas Planas Origen Nacional		FECHA DEL MONITOREO
			ESTE	NORTE	
Caño La Unión	P3	M2022-0694	4933532,53	1990865,25	10/06/2022 13:00
			Coordenadas Geográficas		
			ESTE	ESTE	
			73°35'56,2"	3°55'01,6"	
DESCRIPCIÓN	Punto de muestreo con sustrato rocoso, arenoso, con una profundidad de 72 cm y un ancho de 20 m, se presenta espejo de agua con vegetación arbórea y arbustiva, sin iridiscencias, sin olor, con corriente media y con intervención antrópica				
REGISTRO FOTOGRÁFICO					

NOMBRE	ID_PUNTO	Código Laboratorio	Coordenadas Planas Origen Nacional		FECHA DEL MONITOREO
			ESTE	NORTE	
Caño San Luis	P4	M2022-0691	4934345,34	1989400,59	09/06/2022 11:30
			Coordenadas Geográficas		
			ESTE	ESTE	
			73°35'29,8"	3°54'13,9"	
DESCRIPCIÓN	Punto de muestreo con sustrato arenoso, con profundidad de 25 cm y un ancho de 6,5 metros, corriente débil, presencia de iridiscencias de origen vegetal por descomposición de materia orgánica, presencia de vegetación arbustiva y actividades ganaderas cercanas al caño.				
REGISTRO FOTOGRÁFICO					

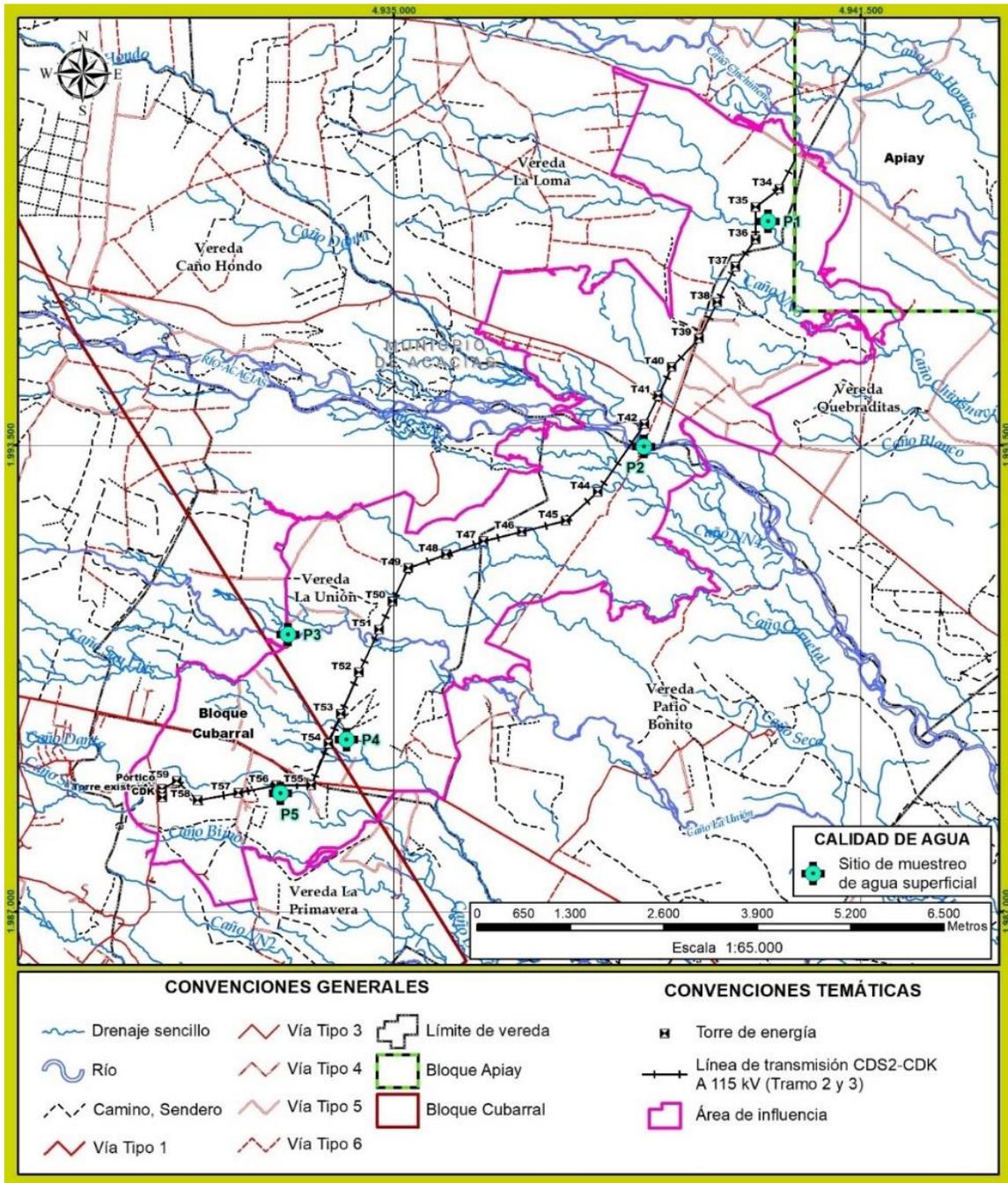
NOMBRE	ID_PUNTO	Código Laboratorio	Coordenadas Planas Origen Nacional		FECHA DEL MONITOREO
			ESTE	NORTE	
Caño Danta	P5	M2022-0690	4933426,14	1988649,24	09/06/2022 09:30
			Coordenadas Geográficas		
			ESTE	ESTE	
			73°35'59,6"	3°53'49,4"	
DESCRIPCIÓN	Punto de muestreo con sustrato rocoso, profundidad de 36 cm, ancho el cuerpo de agua de 10,5 metros, presencia de macrófitas, sin olor, sin iridiscencias, con poca corriente, vegetación arbustiva abundante y con intervención antrópica.				
REGISTRO FOTOGRÁFICO					

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

Tabla R-14. Puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad de agua superficial – (Línea de Transmisión eléctrica de 115 kV)

NOMBRE	FECHA MONITOREO	ID PUNTO	CÓDIGO LABORATORIO	Coordenadas Planas Origen Nacional		DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
				ESTE	NORTE		
Caño Danta	24/07/2021	MSUP 11 – CAÑO DANTA	MN226480	4931659,00	1988873,00	Descripción del punto de muestreo: Cuerpo de agua lóatico, lecho rocoso; agua traslucida e inodora, sin iridiscencias en la lámina de agua ubicado en inmediaciones de un puente vehicular. Condiciones ambientales durante el monitoreo: Día soleado – Temperatura ambiente (25,2 °C) – Humedad relativa (73%)	
	13/06/2022		MN296875			Se realiza monitoreo de agua superficial al cuerpo de agua lóatico denominado Msub11 , agua de tonalidad aparentemente turbia, sin olor, no tiene iridiscencias, se evidencia espuma en las orillas del cauce, el substrato está compuesto por fragmentos rocosos y arenas, en su ladera derecha está compuesta por fragmentos rocosos, presencia de ictiofauna, a los costados de la quebrada hay vegetación herbácea, aproximadamente a 5 metros se encuentran finca que es utilizadas para actividades ganadera, la topografía de la zona es llanura con una erosión aparentemente natural y antrópica, las condiciones climáticas previo al monitoreo se presentaban precipitaciones. Salinidad= <0,1 ppt. El punto de monitoreo se encuentra cerca de puente vehicular. Condiciones ambientales durante el monitoreo: Día Nublado – Temperatura ambiente (26,5 °C) – Humedad relativa (81%).	
Río San Luis	26/07/2021	MSUP 20 – CAÑO SAN LUIS	MN226833	4935626,00	1988596,00	Descripción del punto de muestreo: Cuerpo de agua lóatico, rodeado de vegetación arbórea y herbácea. El agua presenta una coloración amarilla clara, inodora y cerca al punto de monitoreo se observa ganadería y asentamientos humanos. Condiciones ambientales durante el monitoreo: Día nublado – Temperatura ambiente (24,1 °C) – Humedad relativa (88%)	
	13/06/2022		MN296861			Se realiza monitoreo de agua superficial al cuerpo de agua lóatico denominado MSUB 20, agua de tonalidad traslucida, sin olor, lecho arenoso y rocoso, presencia de ictiofauna, a los costados de la quebrada se observa vegetación arbórea y herbácea, aproximadamente a 20 metros se encuentra vía vehicular secundaria en pavimento, Salinidad= <0,1 ppt. Condiciones ambientales durante el monitoreo: Día Nublado – Temperatura ambiente (28,3 °C) – Humedad relativa (80%).	

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022



**Figura R-17. Distribución espacial de los puntos de muestreo seleccionados para la caracterización de la calidad del agua superficial – Información primaria**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 3.2.6 Usos del agua

Para la presente modificación se establecieron dos áreas de influencia, de conformidad con los alcances específicos del proyecto, de tal forma que, se cuenta con un área de influencia que integra las actividades del proyecto PIAR y la Prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>, así como, con

un área de influencia para las actividades asociadas a la línea de transmisión eléctrica a 115 kV (Para mayor detalle consulte el Cap. 3.1 Área de Influencia).

Teniendo en cuenta lo anterior el proyecto de Inyección de aire, la Prueba tecnológica de descarbonización y la Línea de transmisión eléctrica de 115 kV, las actividades relacionadas no prevén la intervención directa por el uso y/o aprovechamiento del recurso hídrico superficial, ni se intervendrán las fuentes hídricas, y por lo tanto se mantendrán los permisos vigentes de aprovechamiento de recursos autorizados por Cormacarena. Sin embargo, a continuación, se presenta la descripción de los usos del agua identificados para las fuentes hídricas ubicadas dentro del área de influencia preliminar del componente hidrológico.

Para la definición de los usos del agua a nivel de las dos áreas de influencia físico-biótica definidas para el proyecto se realizó la verificación de la destinación predominante del recurso hídrico y las fuentes principales de abastecimiento. Esto partiendo del acercamiento a las fuentes principales de abastecimiento (entre los que se encuentran el río Acacias y los caños La Esmeralda, La Unión, La Lejía y Chichimene), las comunidades y las actividades económica próximos a fuentes de abastecimiento y específicamente dentro de esta área.

De igual manera, se realizó la inspección del Área de Influencia, con miras a identificar otros usuarios no incluidos dentro de los reportados por la autoridad ambiental. Estos usos directos se ligan al aprovechamiento del recurso con un fin específico; es decir, la captación o toma del recurso para: consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, recreativo, industrial y acuicultura, entre otros.

Por otro lado, los usos indirectos se ligan a actividades que, si bien no hacen una toma del recurso, su desarrollo está ligado a la interacción con el recurso, y en muchos casos está sujeta a la generación de impactos, tales como la pesca artesanal, los vertimientos y los estéticos.

### **3.2.7 Hidrogeología**

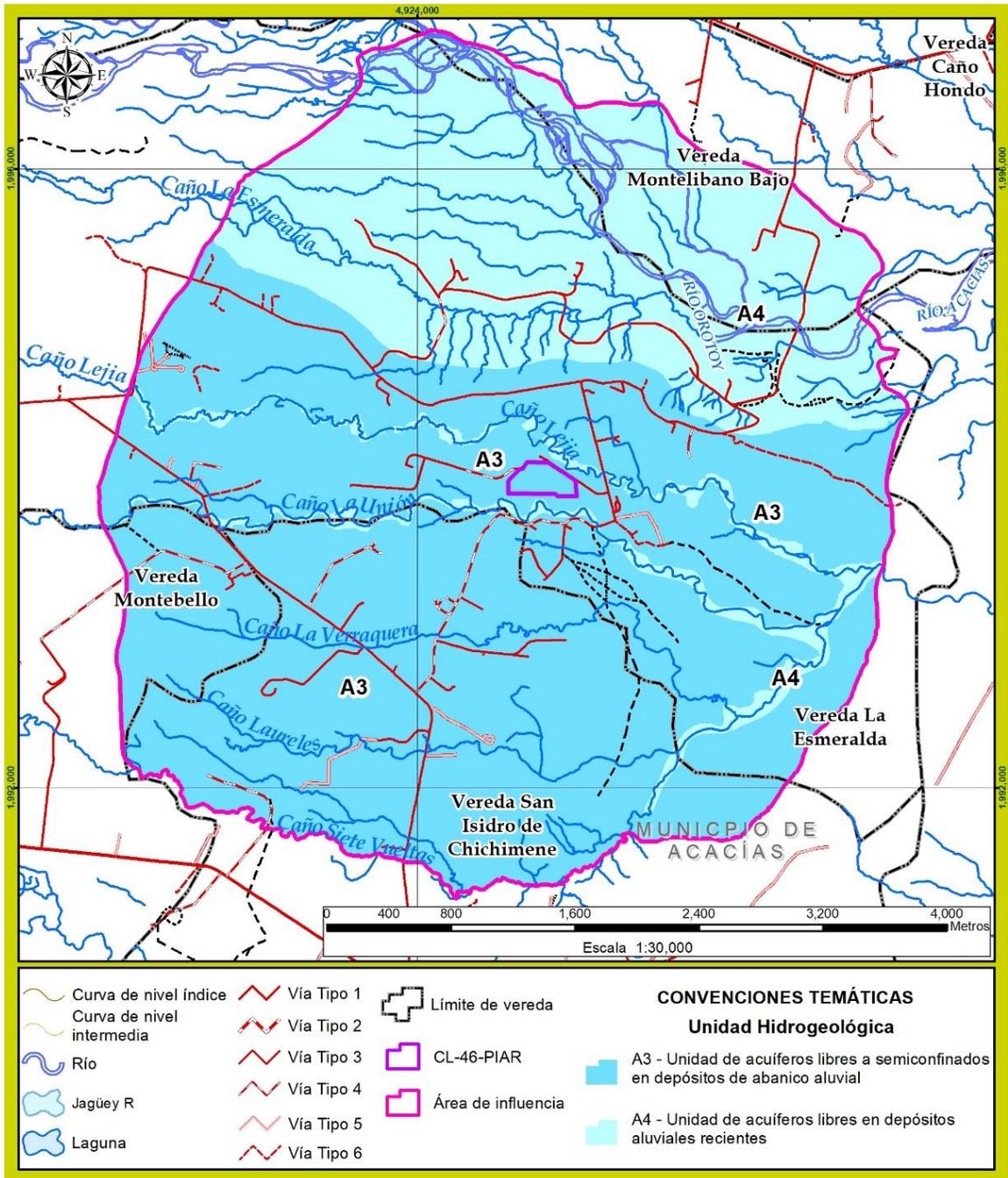
A partir de la evaluación de información geológica, geomorfológica e hidrológica se realizó una caracterización de las unidades hidrogeológicas que afloran en el área de influencia desde el punto de vista de su capacidad para almacenar y permitir el flujo de agua subterránea, con el fin de identificar la presencia de acuíferos de acuerdo con su potencial y diferenciarlos de las unidades impermeables conforme la metodología de zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia utilizada por el Servicio Geológico Colombiano y elaborada inicialmente por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH & UNESCO, 1983)<sup>1</sup>, en la Tabla R-15 se presenta la caracterización de unidades hidrogeológica definidas y en la Figura R-20 y Figura R-21 se muestra el mapa de unidades hidrogeológicas obtenido para las áreas de influencia de la PIAR y de la Línea de Transmisión CDS2-CDK a 115 kV.

<sup>1</sup> Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) y Organización de las Naciones Unidas para la Educación UNESCO la Ciencia y la Cultura, *Leyenda internacional de los mapas hidrogeológicos*, ed. IAH, 1983.

Tabla R-15. Unidades hidrogeológicas para las áreas de influencia físico-biótica del proyecto

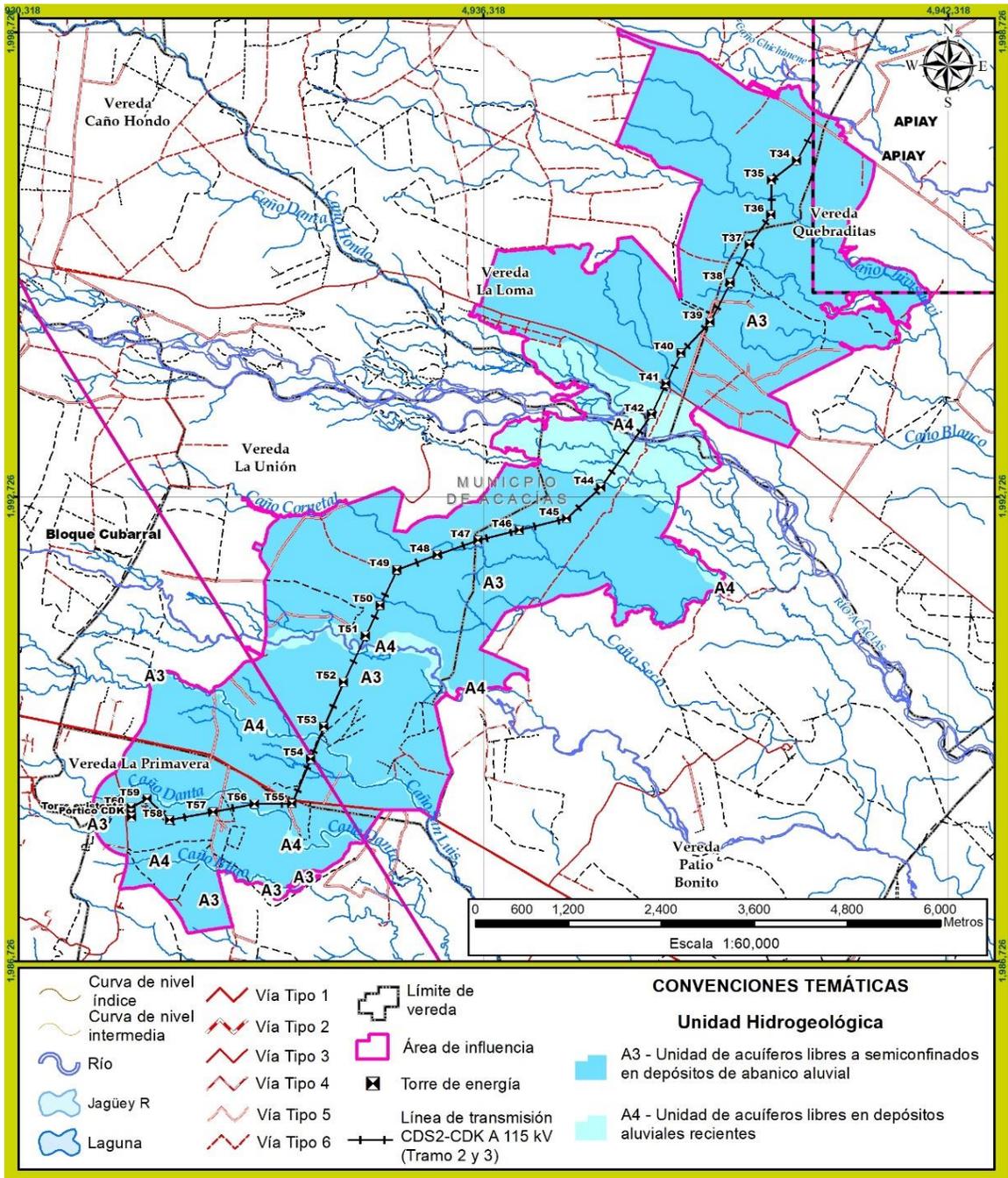
Tipo de Unidad	Convención	Propiedades	Formación Geológica	Características Hidrogeológica	Área (ha)		% Ocupación	
					AI PIAR	AI LÍNEA	AI PIAR	AI LÍNEA
A. SEDIMENTOS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR	UNIDAD DE ACUÍFEROS LIBRES A SEMICONFINADOS EN DEPÓSITOS DE ABANICO ALUVIAL							
	A3	<p>Capacidad de almacenar: MEDIA</p> <p>Permeabilidad: MEDIA</p> <p>Capacidad de Transmitir: MEDIA</p> <p>Capacidad específica (l/s/m): MEDIA</p> <p>Entre 1,0 y 2,0</p>	<p><u>Depósito de abanico aluvial - Q1-ca</u></p> <p>Niveles de gravas intercalados con niveles de arenas medias y arenas de grano fino con matriz arcillosa, cubiertos por una capa de suelo orgánico de color pardo.</p>	<p>Acuífero libre a semiconfinado, continuo y de extensión regional, con porosidad y permeabilidad primaria, de mediana productividad, conformado por sedimentos cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial. En el área de influencia se encuentra constituido fundamentalmente por depósitos de abanico aluvial conformados por sedimentos no consolidados de gravas con niveles de arenas y arenas arcillosas, con un espesor variable entre 70 m (hacia el abanico proximal) y 30 m (hacia el sector de abanico distal).</p> <p>Este acuífero almacena agua subterránea generalmente de calidad química regular a buena. Las captaciones someras captan litologías arcillo arenosas y las profundas captan litologías arenosas, por lo tanto, presenta una transmisividad variable entre 2,3 m<sup>2</sup>/día y 1.552 m<sup>2</sup>/día, con valores de conductividad hidráulica de 0,8 m/día a 31,0 m/día. En esta unidad la profundidad de la tabla de agua varía entre 0,15 y 5,83 metros.</p>	1406,99	3386,35	65,21	88,09
	UNIDAD DE ACUÍFEROS LIBRES EN DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES							
	A4	<p>Capacidad de almacenar: BAJA</p> <p>Permeabilidad: BAJA</p> <p>Capacidad de Transmitir: BAJA</p> <p>Capacidad específica (l/s/m): BAJA</p> <p>Entre 0,05 y 1,0</p>	<p><u>Depósito aluvial de cauces menores (Q2-al2)</u></p> <p>Constituido principalmente por arenas y arcillas de color rojizo a gris oscuro, con gránulos a cantos en menos proporción de forma redondeada a subredondeada, con una selección moderada.</p> <p><u>Depósito aluvial de cauce activo (Q2-a1)</u></p> <p>Constituidos por guijarros, cantos y bloques con escasa matriz, en las orillas y el fondo del cauce se aprecia una arcilla rojiza de consistencia firme a dura.</p> <p><u>Depósito de llanura aluvial (Q2-lla) y Depósito Coluvial (Q1-co)</u></p> <p>Gravas y bloques en una matriz areno limosa o arcillosa, que se intercalan con capas lenticulares de arenas finas limos y arcillas.</p> <p><u>Depósito de terraza aluvial Q1-t</u></p> <p>Conformado por un nivel de guijarros y bloques, esféricos y subesféricos, bien redondeados, con matriz areno arcillosa de color pardo, arcillas rojizas compactas y un nivel de arenas limosas con presencia de gravas finas.</p>	<p>Acuífero libre de carácter local, con porosidad primaria y extensión limitada. La capa superior cuenta con un alto porcentaje de material arcilloso. Presenta un espesor variable entre 3 y 8 m, y registra un nivel estático del orden de 2.22 m, más somero en el sector de descarga hacia el caño La Esmeralda y río Acacias.</p> <p>Esta unidad está caracterizada por una transmisividad del orden de 7.38 m<sup>2</sup>/día y conductividad hidráulica de 3.3 m/día, representando un acuífero pobre o de bajo potencial hidrogeológico. Generalmente se explota mediante manantiales y/o aljibes poco profundos y el agua se aprovecha para uso doméstico, abrevadero de animales, ganado y regadío de cultivos pequeños.</p>	750,73	457,77	34,79	11,91

Fuente: tomado de "Modificación del Plan de Manejo Ambiental para el Bloque Cubarral Campos Castilla – Chichimene. Ecopetrol, 2015", GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-18. Unidades hidrogeológicas definidas en el área de influencia de la PIAR y Prueba Tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-19. Unidades hidrogeológicas definidas en el área de influencia de la Línea de Transmisión CDS2-CDK a 115 kV**  
Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 3.2.8 Geotecnia

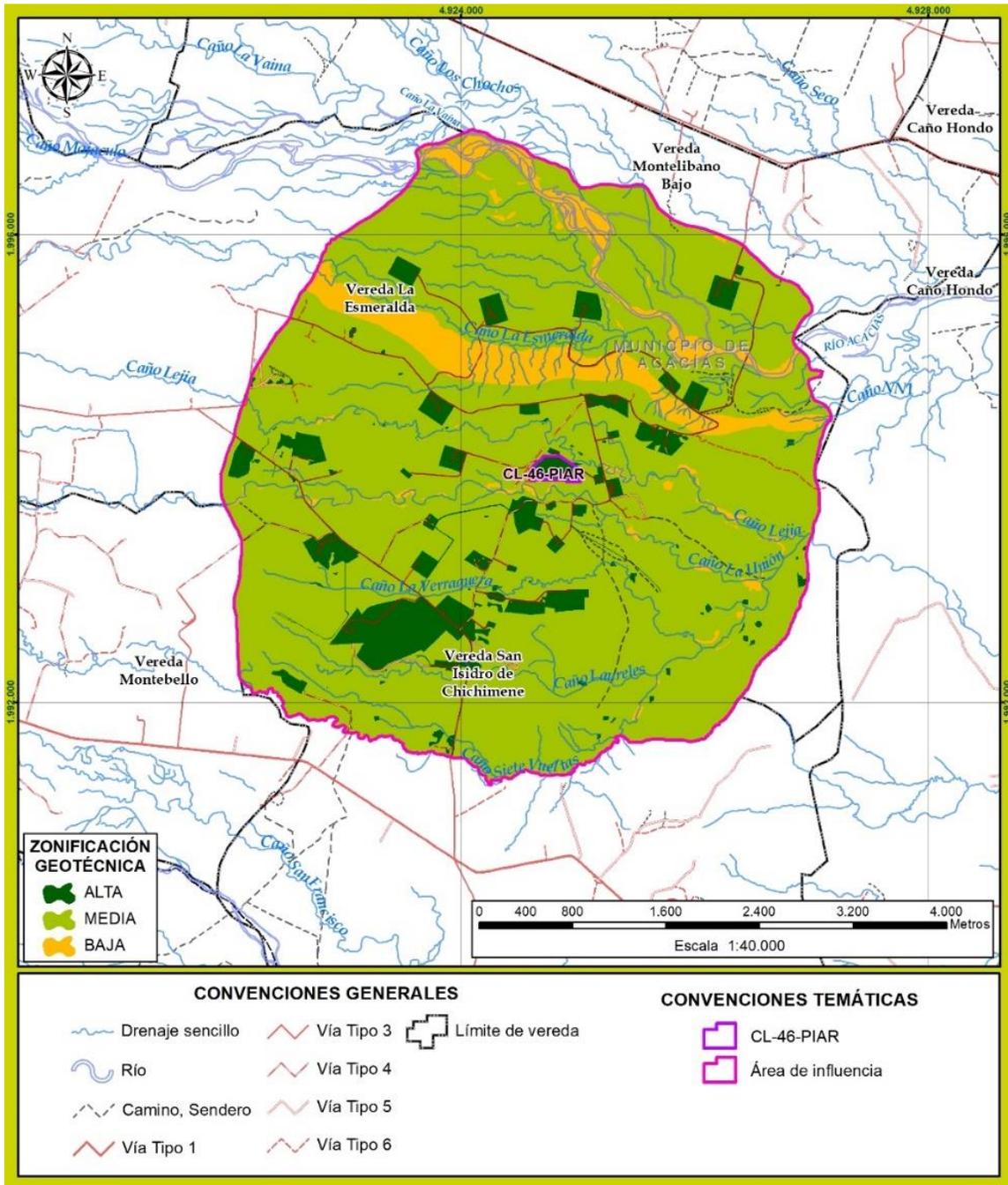
Las condiciones de estabilidad del terreno se definen por la interacción de factores y características relacionadas al tipo de rocas y sedimentos presentes, la actividad tectónica, los procesos morfodinámicos, el clima, la topografía y la cobertura del terreno, los cuales interactúan entre sí y definen el comportamiento geotécnico de las distintas unidades aflorantes.

En la Tabla R-16 se presenta la descripción de las zonas de estabilidad geotécnica resultantes y en la Figura R-20 y la Figura R-21 se presenta su distribución geográfica.

**Tabla R-16. Zonificación de estabilidad geotécnica para el área de influencia del proyecto**

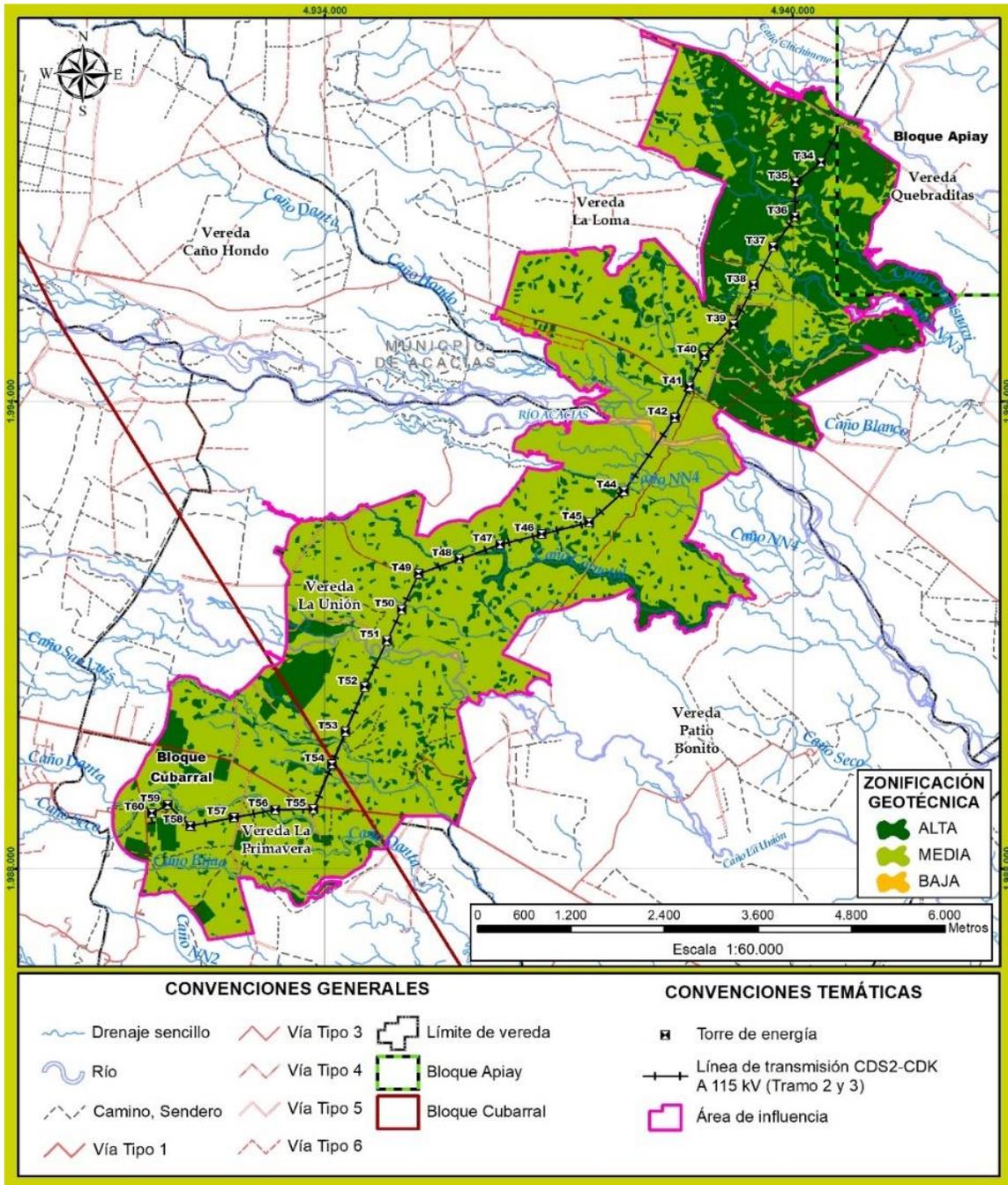
NOMENCLATURA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	AI PIAR – PRUEBA DE DESCARBONIZACIÓN		AI LINEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA	
			Ha	%	Ha	%
ZEGA	Zonificación de Estabilidad Geotécnica Alta	Corresponden principalmente a zonas donde se ha realizado modelamiento antrópico y pendientes que van de a nivel a ligeramente inclinada, es decir son áreas donde se ha realizado reconfiguración y adecuación del terreno y se tienen medidas para controlar la ocurrencia de procesos erosivos y de remoción en masa con el fin de mantener la estabilidad alta del terreno.	188,69	8,74%	1.188,98	30,93%
ZEGM	Zonificación de Estabilidad Geotécnica Media	Estas áreas están asociadas principalmente a materiales de abanico aluvial con pendientes que van de a niveles a ligeramente inclinadas, precipitaciones altas a moderadas, con cobertura principalmente de pastos limpios, pastos arbolados y pastos enmalezados. Estas áreas presentan una estabilidad geotécnica media, especialmente por el contraste de las pendientes bajas y morfología plana, en estas áreas se presenta con mayor medida procesos de erosión laminar, surcos y cárcavas con desarrollo incipiente a moderado en áreas donde las pendientes son poco más inclinadas y erosión antrópica por la ganadería y la agricultura principalmente.	1.790,64	82,99%	2.631,99	68,47%
ZEGB	Zonificación de Estabilidad Geotécnica Baja	Corresponde a zonas con materiales de depósitos aluviales de cauces menores y cauce actual, morfologías que van de ligeramente planas a fuertemente inclinada, precipitaciones altas además de las geoformas y coberturas propias de la dinámica fluvial de ríos, Bosques de galería y riparios y vegetación secundaria alta y baja. La conjugación de las características del área y la dinámica fluvial propia de la zona, tanto de drenajes mayores, como drenajes menores configuran la estabilidad geotécnica baja del área, donde se presentan procesos de socavación lateral, deslizamiento de márgenes por la dinámica de las corrientes.	178,40	8,27%	23,15	0,60%
<b>TOTAL</b>			<b>2157,73</b>	<b>100%</b>	<b>3844,12</b>	<b>100%</b>

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-20. Zonificación de estabilidad geotécnica para el AI de la planta de inyección de aire (PIAR) y la Prueba de descarbonización**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-21. Zonificación de estabilidad geotécnica para el AI de línea de transmisión eléctrica**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 3.2.9 Atmósfera

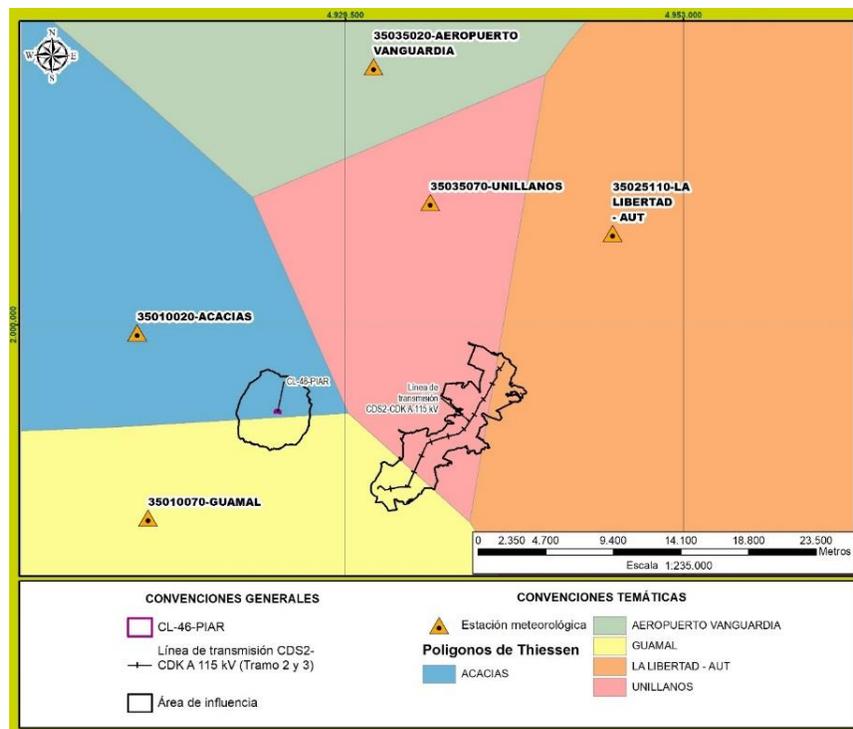
#### 3.2.9.1 Clima

La caracterización climatológica para el área de influencia, se realizó empleando la información hidrometeorológica registrada en las estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), que proporcionaron representatividad espacial sobre la zona y los parámetros climáticos requeridos para el periodo de análisis, el cual, corresponde a tres años consecutivos, contados a partir 2019 hasta el 2021, temporalidad que satisface lo dispuesto en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MADS, 2018) donde se establece que, para analizar las condiciones meteorológicas de un área determinada, se deberá abarcar un periodo mínimo de entre tres (3) y cinco (5) años (ver Tabla R-17 y Figura R-22)

**Tabla R-17. Estaciones meteorológicas seleccionadas para el análisis climatológico**

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	MUNICIPIO	ALTITUD (msnm)	ESTADO	FECHA*	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
							ESTE	NORTE
35035070	Unillanos	Climática Principal	Villavicencio	340	Activa	15/10/1983	4.935.425,49	2.008.500,46
35010020	Acacias	Pluviométrica	Acacias	525	Activa	15/04/1961	4.915.046,82	1.999.447,19
35010070	Guamal	Pluviométrica	Guamal	525	Activa	15/04/1978	4.915.808,85	1.986.594,62
35025110	La Libertad	Agrometeorológica	Villavicencio	336	Activa	25/03/2007	4.948.082,42	2.006.352,90
35035020	Aeropuerto Vanguardia	Sinóptica Principal	Villavicencio	422	Activa	15/10/1924	4.931.485,17	2.017.917,51

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-22. Localización espacial de las estaciones meteorológicas que serán empleadas para el análisis climatológico**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 3.2.9.2 Calidad de aire

#### 3.2.9.2.1 Fuentes fijas de área y puntuales, fijas y dispersas, y lineales

En el área de influencia físico-biótica de la Planta Piloto de Inyección de Aire (PIAR) y de la Prueba Tecnológica de Descarbonización CO<sub>2</sub>, se identifica la presencia de fuentes fijas de emisión atmosférica asociadas al desarrollo de la industria de Hidrocarburos, donde se tiene la presencia de clúster, pozos y la Estación Chichimene de Ecopetrol S.A., ubicada a 1.46 km al suroccidente del proyecto, para el área de influencia físico-biótica de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV se identifican fuentes fijas asociadas a la actividad petrolera y cultivos de palma, así como fuentes fijas dispersas relacionadas con la actividad pecuaria practicada en la zona.

En cuanto a las fuentes de emisión de tipo dispersas, se identificaron las generadas en las actividades provenientes de los sectores pecuario, agrícola y viviendas asociadas a la quema controlada de tipo doméstico para la disposición final de residuos, la presencia de bovinos los cuales generan emisiones fugitivas, es decir, emisiones ocasionales de gases de tipo contaminantes para el medio ambiente, a causa de la disposición de materia fecal compuesta por Metano (CH<sub>4</sub>) y Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que contribuyen con la contaminación atmosférica y se encuentran asociados al efecto invernadero.

Las fuentes de emisión lineal asociadas al área de estudio de la planta Piloto de Inyección de Aire (PIAR), la Prueba Tecnológica de Descarbonización CO<sub>2</sub>, y la Línea de transmisión eléctrica a 115 kV, se encuentran asociadas a la presencia de vías de acceso y su respectivo tránsito vehicular, esto debido a la emisión de partículas al ambiente (material particulado) y compuestos gaseosos (CO, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>).

#### 3.2.9.2.2 Calidad del aire

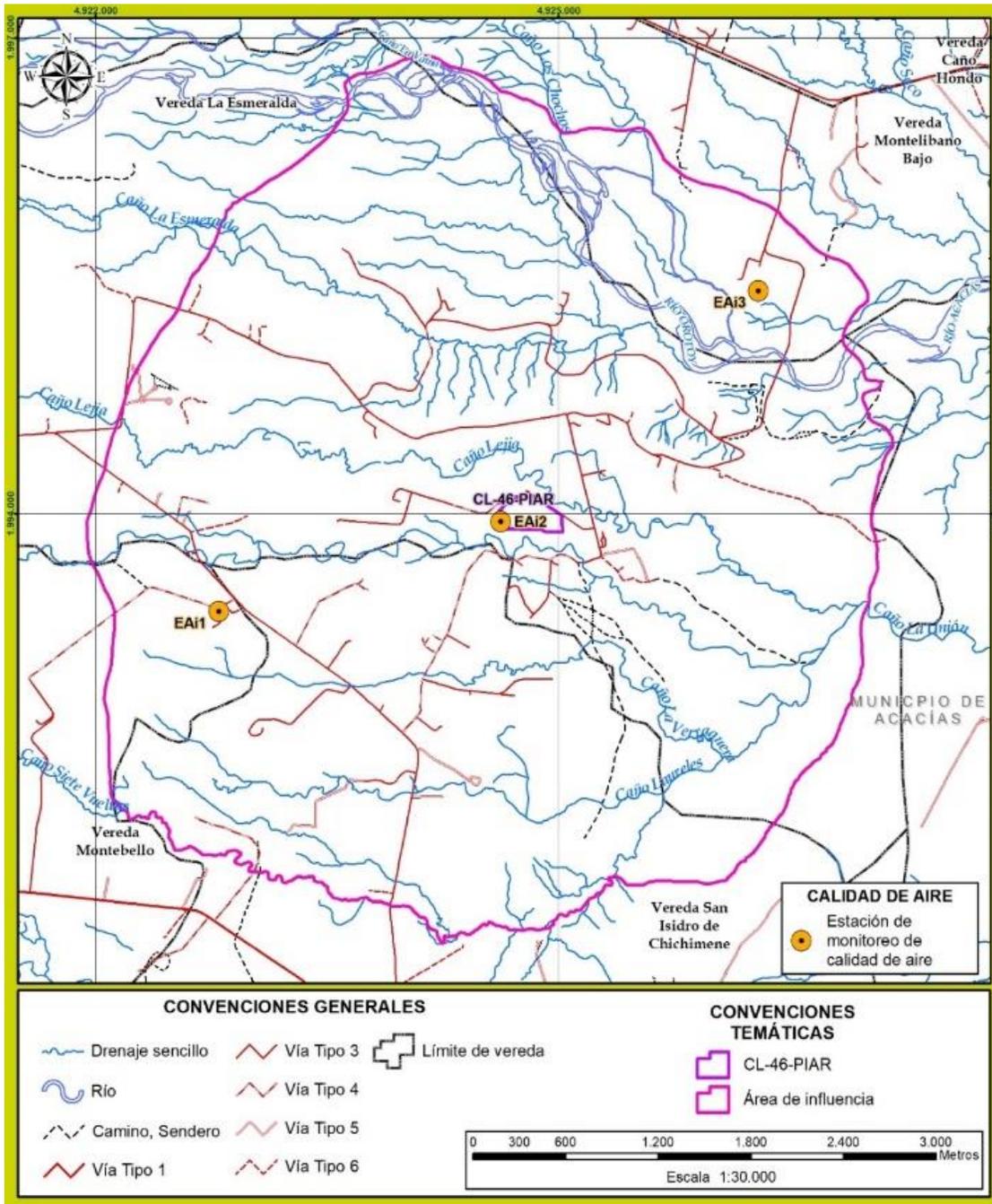
Para realizar la caracterización del componente de calidad del aire en el área de influencia físico-biótica de la Planta Piloto de Inyección de Aire (PIAR) y la Prueba Tecnológica de Descarbonización CO<sub>2</sub>, se tomó como base la información de monitoreos suministrada por Ecopetrol S.A., a partir del Informe de Cumplimiento Ambiental - ICA 34 (Informe de monitoreo del primer semestre de 2022).

Las estaciones de monitoreo de calidad del aire se encuentran localizadas en el Clúster 2, Clúster 46 y Clúster 9 del campo Chichimene, bajo las coordenadas que se presentan en la Tabla R-18 y se ilustran en la Figura R-23.

**Tabla R-18. Localización de las estaciones de monitoreo**

ESTACIONES	ID	COTA DE ELEVACIÓN (MSNM)	COORDENADAS PLANAS			
			ORIGEN BOGOTÁ		ORIGEN NACIONAL	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
Estación 1 - CL-2	EAI1	489	1042406.45	927428.02	4922800	1993384
Estación 2 - CL-46	EAI2	481	1044234.09	927996.81	4924627	1993950
Estación 3 - CL-9	EAI3	419	1045901.46	929454.08	4926295	1995404

Fuente: GEOTEC INGENIERIA, 2022.



**Figura R-23. Localización geográfica de las estaciones de monitoreo de calidad del aire**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

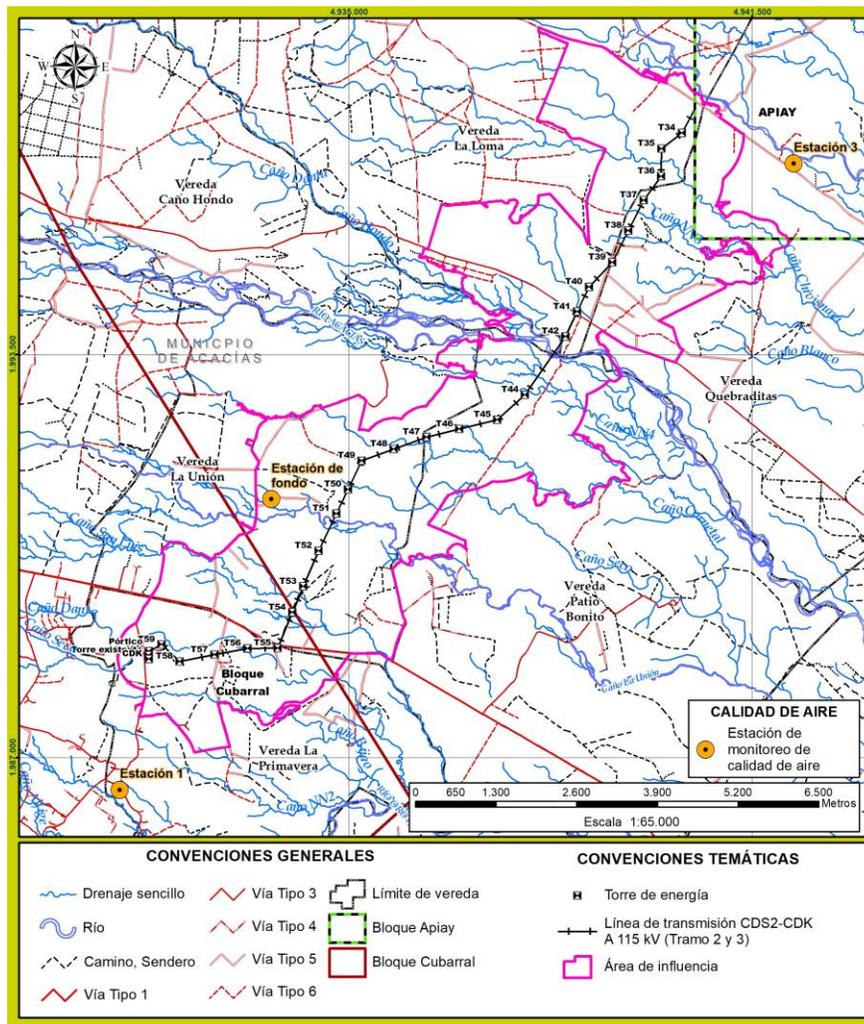
En cuanto a la Línea de transmisión eléctrica a 115 kV, se instalaron tres (3) estaciones de monitoreo de calidad del aire espacialmente representativas en el área de influencia físico-biótica. El monitoreo fue llevado a cabo en temporada de altas precipitaciones entre junio a julio (2022) durante 36 días;

como lo menciona el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la calidad del aire<sup>2</sup>. Dicho monitoreo se realizó entre el 21 de junio al 26 de julio de 2022 (ver Tabla R-19 y Figura R-24).

**Tabla R-19. Localización de las estaciones de monitoreo de calidad de aire**

ESTACIONES	COTA DE ELEVACIÓN (msnm)	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
Estación 1	393	4931312,31	1986482,75
Estación 2	344	4942155,14	1996605,14
Estación 3	388	4933751,40	1991168,34

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-24. Distribución espacial de las estaciones de monitoreo de calidad de aire seleccionadas para el análisis**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

<sup>2</sup> Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, manual de operación. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, Bogotá: 2010.

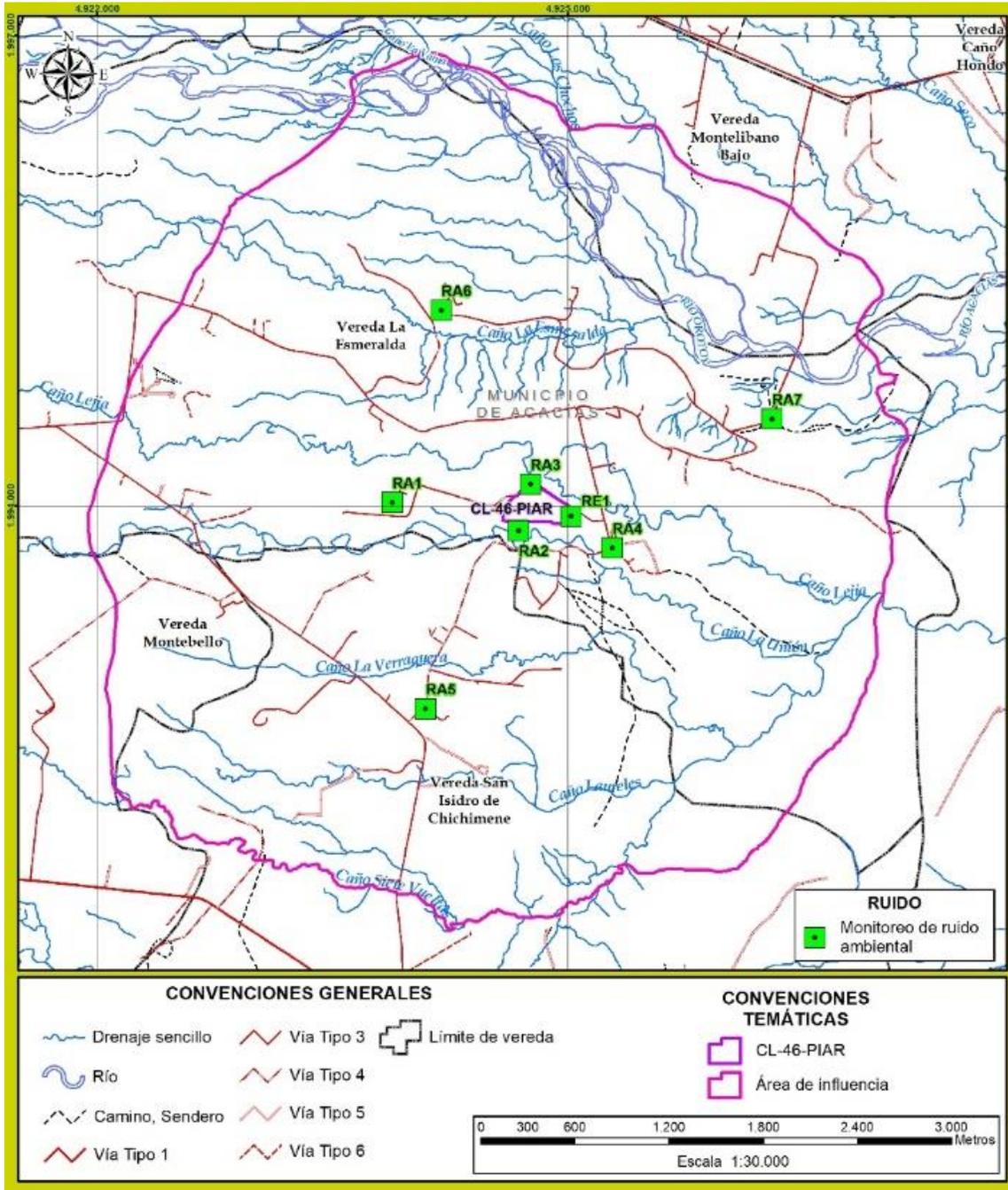
### 3.2.9.3 Ruido

Dados los lineamientos establecidos en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y la importancia de conocer los niveles de presión sonora en el área de estudio, para la caracterización, se tomó como base los resultados del Informe de monitoreo de emisión de ruido y ruido ambiental GCH- Planta Piloto de Inyección de Aire (PIAR) contratados por ECOPETROL al laboratorio ambiental Chemilab – Chemical Laboratory S.A.S., quien realizó el monitoreo de emisión de ruido y cuenta con acreditación del IDEAM, mediante Resolución 1618 del 23 de diciembre del 2022. Para la línea de transmisión eléctrica a 115 kV el laboratorio que realizó el monitoreo es AGQ PRODYCON COLOMBIA S.A.S, que se encuentra acreditado bajo la Resolución 0955 del 18 de mayo de 2022 del IDEAM (ver Tabla R-20 y Figura R-25).

**Tabla R-20. Localización de estaciones de monitoreo de ruido**

ESTACIONES	ID	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
RE1-PIAR	RE1	4925024	19949250
Clúster 11	RA1	4923883	1994022
Clúster 46 (Costado sur)	RA2	4924688	1993840
Clúster 46	RA3	4924765	1994138
RA4	RA4	4925285	1993732
RA5	RA5	4924095	1992705
RA6	RA6	4924195	1995247
RA7	RA7	4926303	1994554

*Fuente: Informe de monitoreo de emisión de ruido y ruido ambiental CHEMILAB S.A.S. adaptado por GEOTEC INGENIERÍA, 2022.*



**Figura R-25. Distribución espacial de los puntos de monitoreo de ruido ambiental**

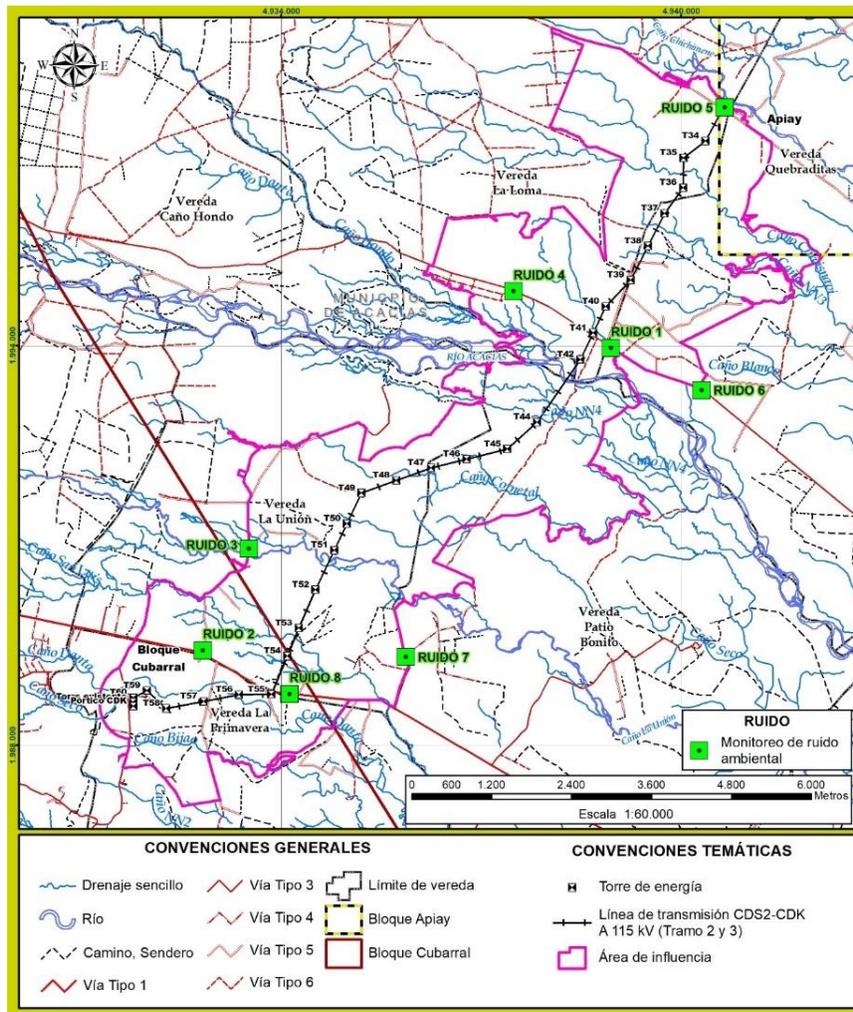
Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

En la Tabla R-20 y la Figura R-26 se presentan las características de los localización y descripción de los ocho (8), puntos de monitoreo de ruido ambiental establecidos para el trazado de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV.

**Tabla R-21. Localización de punto de monitoreo línea de transmisión eléctrica de 115 kV**

ESTACIONES	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
	Este	Norte
Ruido 1	4938950,79	1993964,14
Ruido 2	4932826,49	1989424,08
Ruido 3	4933518,66	1990955,74
Ruido 4	4937487,62	1994817,49
Ruido 5	4940657,45	1997575,81
Ruido 6	4940310,81	1993333,43
Ruido 7	4935871,39	1989326,47
Ruido 8	4934126,39	1988770,78

Fuente: Informe de monitoreo AGQ Prodycon Colombia S.A.S., adaptado por GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-26. Distribución espacial de los puntos de monitoreo de ruido de la línea de transmisión eléctrica 115 kV**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 3.3 MEDIO BIÓTICO

La caracterización del medio biótico se efectúa teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en los Términos de Referencia para Estudios de Impacto Ambiental para los Proyectos de Explotación de Hidrocarburos (HI-TER-1-03) acogidos mediante Resolución 1543 del 6 de agosto de 2010 y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales<sup>3</sup>, acogida mediante la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018.

#### 3.3.1 Coberturas de la tierra

La definición de las unidades de coberturas presentes en el área de influencia físico-biótico del proyecto, se desarrolló a partir de la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (escala 1:100000), con la finalidad de construir un mapa temático a escala 1:10.000, acorde a las necesidades del proyecto y los términos de referencia. La identificación se realizó por medio de la interpretación de imágenes satelitales y su posterior verificación en campo.

En la Tabla R-22, se presentan los valores de superficie y porcentaje de ocupación de las coberturas de la tierra en el área de influencia del proyecto, y en la Figura R-27 y la Figura R-28 se observa su distribución en el terreno.

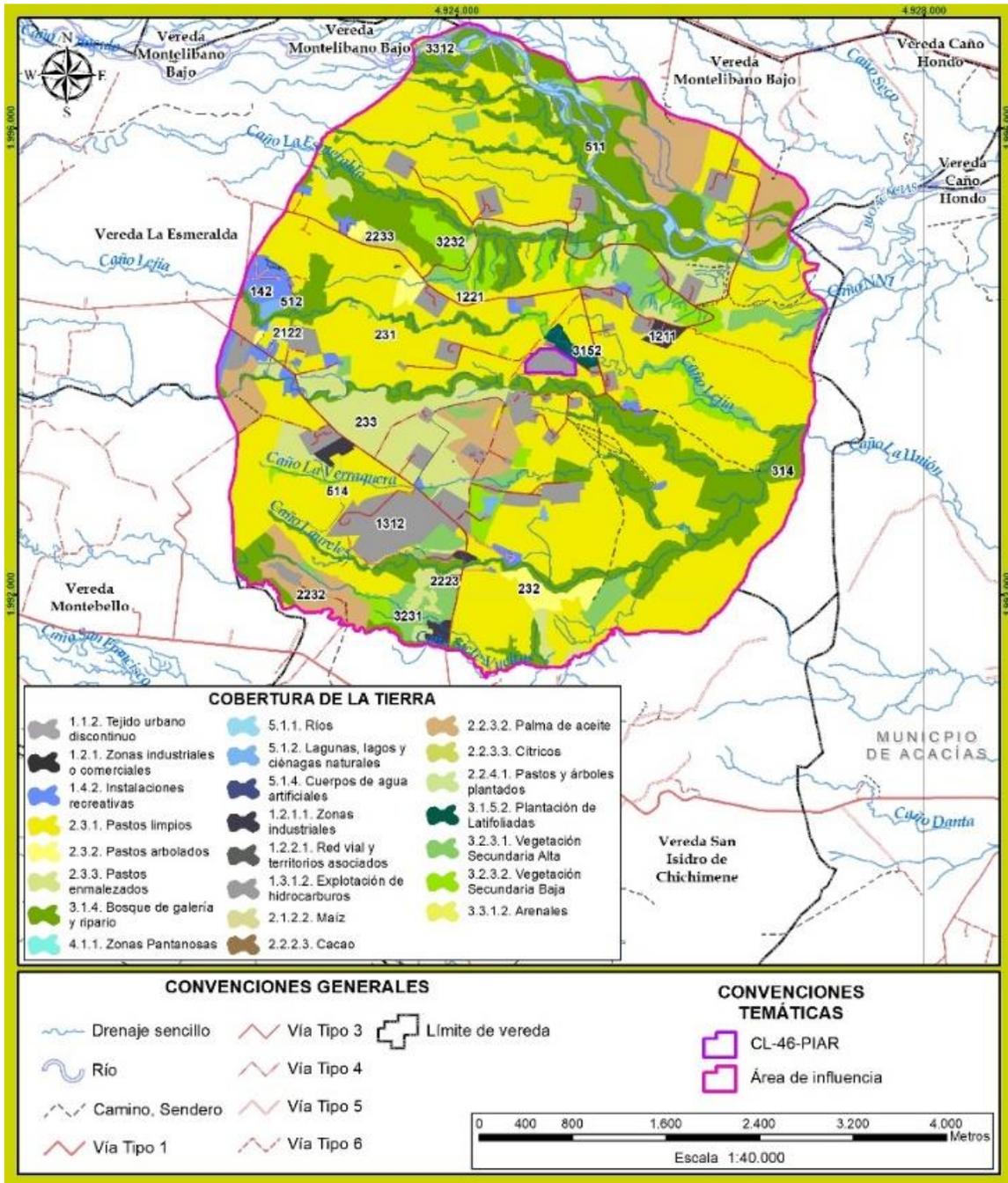
**Tabla R-22. Coberturas de la Tierra en el Área de Influencia físico-biótica de la Modificación del Plan de Manejo Ambiental Integral del Bloque Cubarral – Campos Chichimene y Castilla**

COBERTURA DE LA TIERRA					Área de influencia Línea eléctrica 115 kV (Tramo 2 y 3)		Área de influencia PIAR	
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	CCLC	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Territorios Artificializados	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Zonas industriales o comerciales	Zonas industriales	1211			13,37	0,62%
		Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	Red vial y territorios asociados	1221	56,45	1,47%	25,23	1,17%
	Zonas de extracción minera y escombreras	Zonas de extracción minera	Explotación de hidrocarburos	1312	55,41	1,44%	142,67	6,61%
	Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	Instalaciones recreativas		142	15,33	0,40%	34,50	1,60%
Territorios Agrícolas	Cultivos transitorios	Cereales	Maíz	2122			1,45	0,07%
	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes arbustivos	Cacao	2223			1,31	0,06%
			Palma de aceite	2232	654,13	17,02%	143,31	6,64%
		Cultivos permanentes arbóreos	Citricos	2233			4,43	0,21%
			Cultivos agroforestales	Pastos y árboles plantados	2241	3,99	0,10%	
	Pastos	Pastos limpios		231	2.409,19	62,67%	991,63	45,96%

<sup>3</sup> Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. Bogotá, D.C.: Colombia, 2018. 228 p.

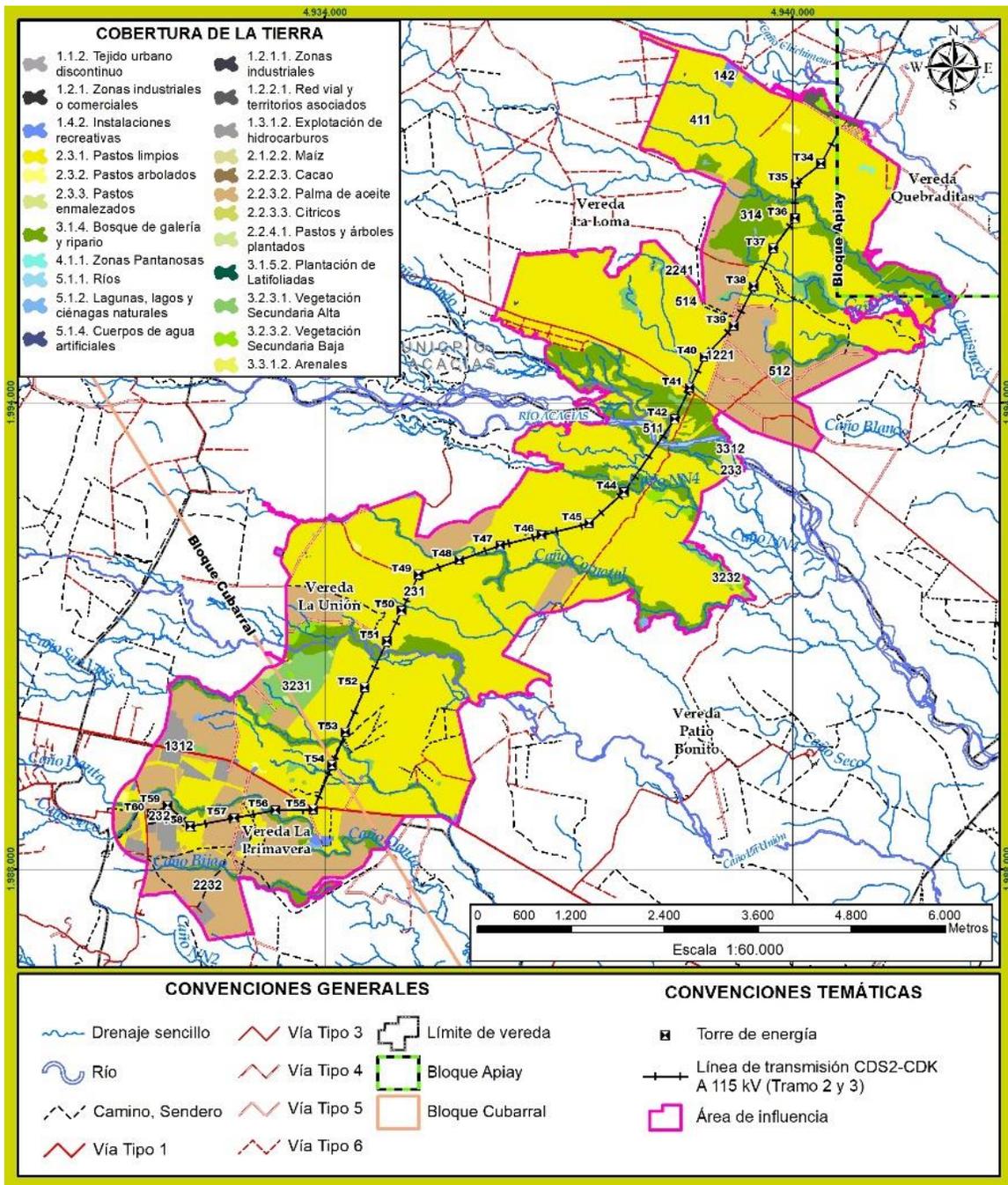
COBERTURA DE LA TIERRA					Área de influencia Línea eléctrica 115 kV (Tramo 2 y 3)		Área de influencia PIAR		
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	CCLC	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Territorios Agrícolas	Pastos	Pastos arbolados		232	9,11	0,24%	22,14	1,03%	
		Pastos enmalezados		233	13,24	0,34%	150,03	6,95%	
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Bosque de galería y/o ripario		314	474,57	12,35%	398,62	18,47%	
		Plantación forestal	Plantación de latifoliadas	3152			6,65	0,31%	
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición	Vegetación secundaria alta		3231	84,81	2,21%	91,97	4,26%
			Vegetación secundaria baja		3232	31,27	0,81%	86,15	3,99%
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Zonas arenosas naturales	Arenales		3312	7,92	0,21%	11,88	0,55%
Áreas Húmedas	Áreas húmedas continentales	Zonas pantanosas		411	3,56	0,09%			
Superficies de Agua	Aguas continentales	Ríos (50 m)		511	14,38	0,37%	25,49	1,18%	
		Lagunas, lagos y ciénagas naturales		512	8,55	0,22%	6,61	0,31%	
		Cuerpos de agua artificiales		514	2,20	0,06%	0,28	0,01%	
<b>Total</b>					<b>3.844,12</b>	<b>100,00%</b>	<b>2.157,73</b>	<b>100,00%</b>	

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-27. Coberturas de la Tierra del Área de Influencia físico-biótica, sector de la PIAR- Prueba Tecnológica de Descarbonización CO<sub>2</sub>, para la modificación del Plan de Manejo Ambiental Integral del Bloque Cubarral – Campos Chichimene y Castilla**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-28. Coberturas de la Tierra del Área de Influencia físico-biótica, sector de la Línea Eléctrica, para la modificación del Plan de Manejo Ambiental Integral del Bloque Cubarral – Campos Chichimene y Castilla**  
Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 3.3.2 Fauna

La caracterización del componente fauna presentada en este capítulo contempla el análisis realizado para el área de influencia físico-biótica de la línea transmisión eléctrica ya que la construcción y operación de este proyecto se realizará en áreas no intervenidas por el Bloque Cubarral; las estrategias de desarrollo proyectadas tanto en la Planta de Inyección de Aire (PIAR) y prueba de descarbonización, se proyecta se realicen en áreas ya intervenidas por el proyecto.

Para el levantamiento de la información se realizó un monitoreo entre el 7 y 11 de junio y el 13 y 15 de septiembre de 2022.

Las técnicas de muestreo que implican captura y manipulación de los ejemplares, como captura manual de anfibios y reptiles, captura de aves y murciélagos con redes de niebla, y captura de pequeños y medianos mamíferos con trampas tipo Sherman, fueron soportadas por el *Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales*, otorgado a la sociedad Geotec Ingeniería Ltda., con NIT 830.077.873-5, mediante la Resolución 337 del 16 de febrero de 2021.

#### ➤ Anfibios

La composición de la clase Amphibia, en el área del Estudio de impacto ambiental para la modificación del plan de manejo ambiental del Bloque Cubarral Castilla y Chichimene, presentó un registro de diez (10) especies las cuales se encuentra agrupadas en tres (3) familias, siete (7) géneros pertenecientes al orden Anura. En cuanto a la abundancia, en general fue muy baja en total solo se registraron 26 individuos de las diez (10) especies registradas, esta baja abundancia puede deberse a factores climáticos o el número de horas nocturnas de muestreo.

En cuanto a la abundancia, en general fue muy baja en total solo se registraron 26 individuos de las diez (10) especies registradas, esta baja abundancia puede deberse a factores climáticos o etológicos de las especies.

#### ➤ Reptiles

Para el área de influencia físico biótica para la modificación del plan de manejo ambiental del Bloque Cubarral Castilla y Chichimene, se presentó un total de ocho (8) especies pertenecientes los órdenes Squamata y Crocodylia

Al igual que para anfibios la abundancia de reptiles registrados fue muy baja, con un total de 13 registros en 8 especies, es decir la mayoría de los registros por especie son únicos, ya que los reptiles en especial las serpientes son un grupo que presentan bajas densidades poblacionales a causa de sus hábitos (crípticos, fosoriales y arborícolas), comportamiento (territorialidad, camuflaje, alerta y huida veloz) y morfología (en su mayoría con cuerpos alargados y lisos), por lo cual son poco perceptibles a los encuentros visuales en estudios de corta duración limitándolos hacia una sola época del año dando como resultado algunos vacíos en la verdadera diversidad de reptiles en la zona; además la mayoría de las especies de reptiles presentan un patrón de distribución aleatoria dentro del área de influencia físico-biótica.

### ➤ Aves

Conforme a los 1.266 registros obtenidos en la fase de campo se registraron 88 especies, 78 géneros, 40 familias y 22 órdenes los cuales representan el 4.5% de las especies presente a nivel nacional<sup>4</sup> y el 44.8% de las especies con presencia probable para el área.

el orden con mayor riqueza y abundancia son Paseriformes con 38 especies (43% de representatividad), seguida del orden Pelecaniformes con 10 especies (11% de representatividad). El orden Paseriformes es el más abundante por tanto posee la mayor cantidad de géneros y número de especies de aves. Además, los Paseriformes ocupan un amplio rango en el medio ambiente, igualmente comprenden una amplia variedad de gremios tróficos, lo que representa para la naturaleza una alta oferta de bienes y servicios ecológicos prestados por estas especies, como la dispersión de semillas, la polinización y el control biológico necesarios para el equilibrio y la dinámica de los ecosistemas<sup>5</sup>.

### ➤ Mamíferos

se lograron registrar un total de 11 especies de mamíferos(terrestres y voladores), agrupados en 8 órdenes y 10 familias, usando como fuente de información los avistamientos directos, heces, huellas, comederos, restos, trampas Sherman y en lugar trampas Tomahawk, se utilizaron cámaras trampa ya que aportan mayor información sin necesidad de manipular y exponer individuos..

#### 3.3.3 Ecosistemas Acuáticos

En la Figura R-29 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo ubicados en el AI de la PIAR y la Prueba Tecnológica de Descarbonización CO<sub>2</sub>, donde se cuenta con información de caracterización hidrobiológica del segundo semestre de 2021 y primer trimestre de 2022. La Tabla R-23 se encuentran las coordenadas de los cuerpos de agua monitoreados.

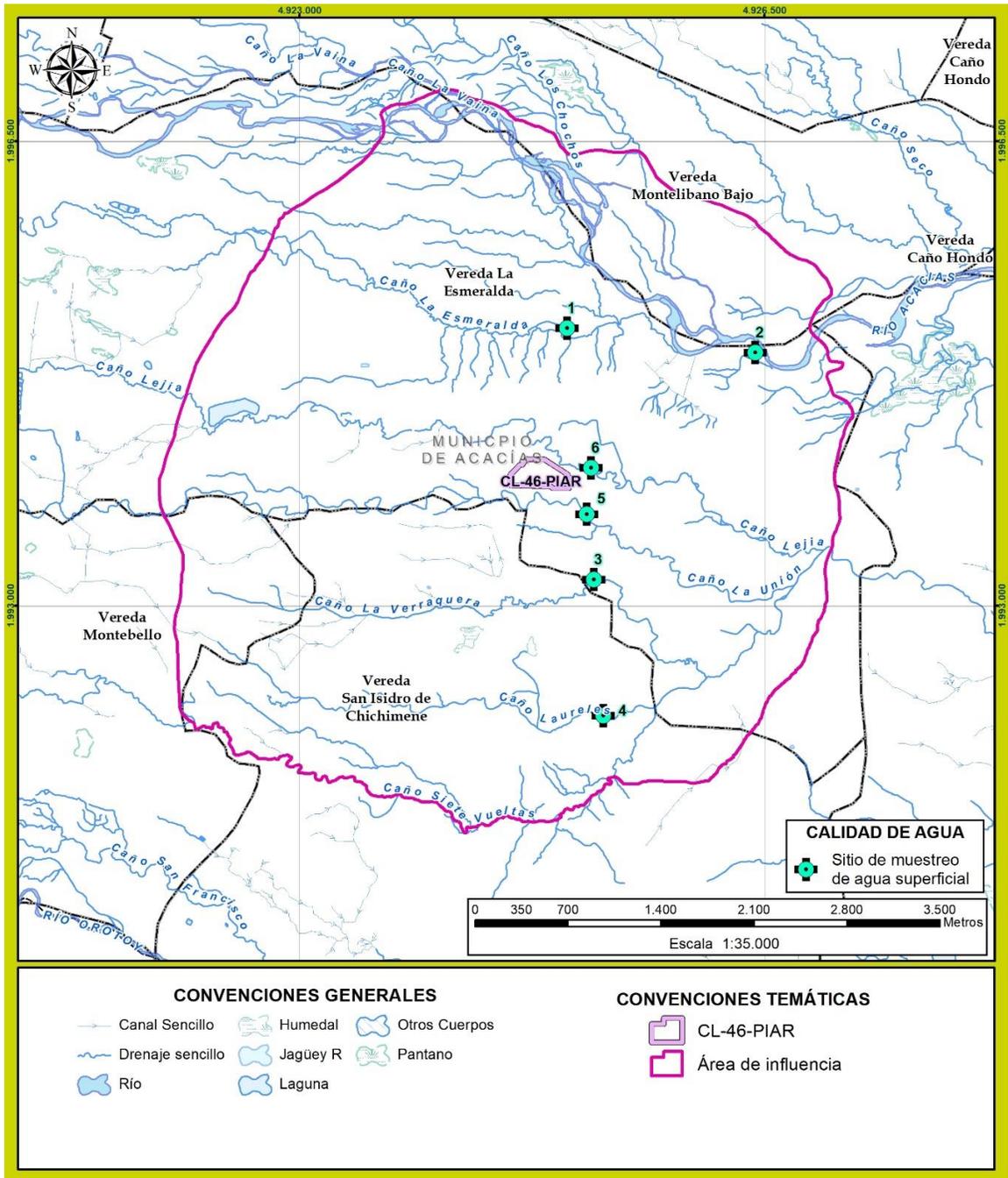
**Tabla R-23. Coordenadas puntos de monitoreo PIAR y Prueba Tecnológica de descarbonización CO<sup>2</sup>**

PUNTO DE MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL			
ID	NOMBRE DEL CUERPO DE AGUA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
1	Caño Esmeralda	4.925.016,00	1.995.093,00
2	Río Acacias	4.926.432,00	1.994.907,00
3	Caño Verraquera	4.925.219,00	1.993.199,00
4	Caño Laureles	4.925.289,00	1.992.172,00
5	Caño La unión	4.925.163,00	1.993.691,00
6	Caño Lejía	4.925.197,00	1.994.039,00

Fuente: GEOTEC INGENIERIA, 2022.

<sup>4</sup> Asociación Colombiana de Ornitología. 2020. Lista de referencia de especies de aves de Colombia - 2020. v2. Asociación Colombiana de Ornitología. Dataset/Checklist. <http://doi.org/10.15472/qhsz0p>.

<sup>5</sup> Balvanera, P., G.C. Daily., P.R. Ehrlich., T.H. Ricketta., S.A. Bailey., S. Kremen & H. Pereira. 2001. Conserving biodiversity and ecosystem services. Science 291:2047.



**Figura R-29. Localización geográfica de los puntos de monitoreo área de estudio de la PIAR**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

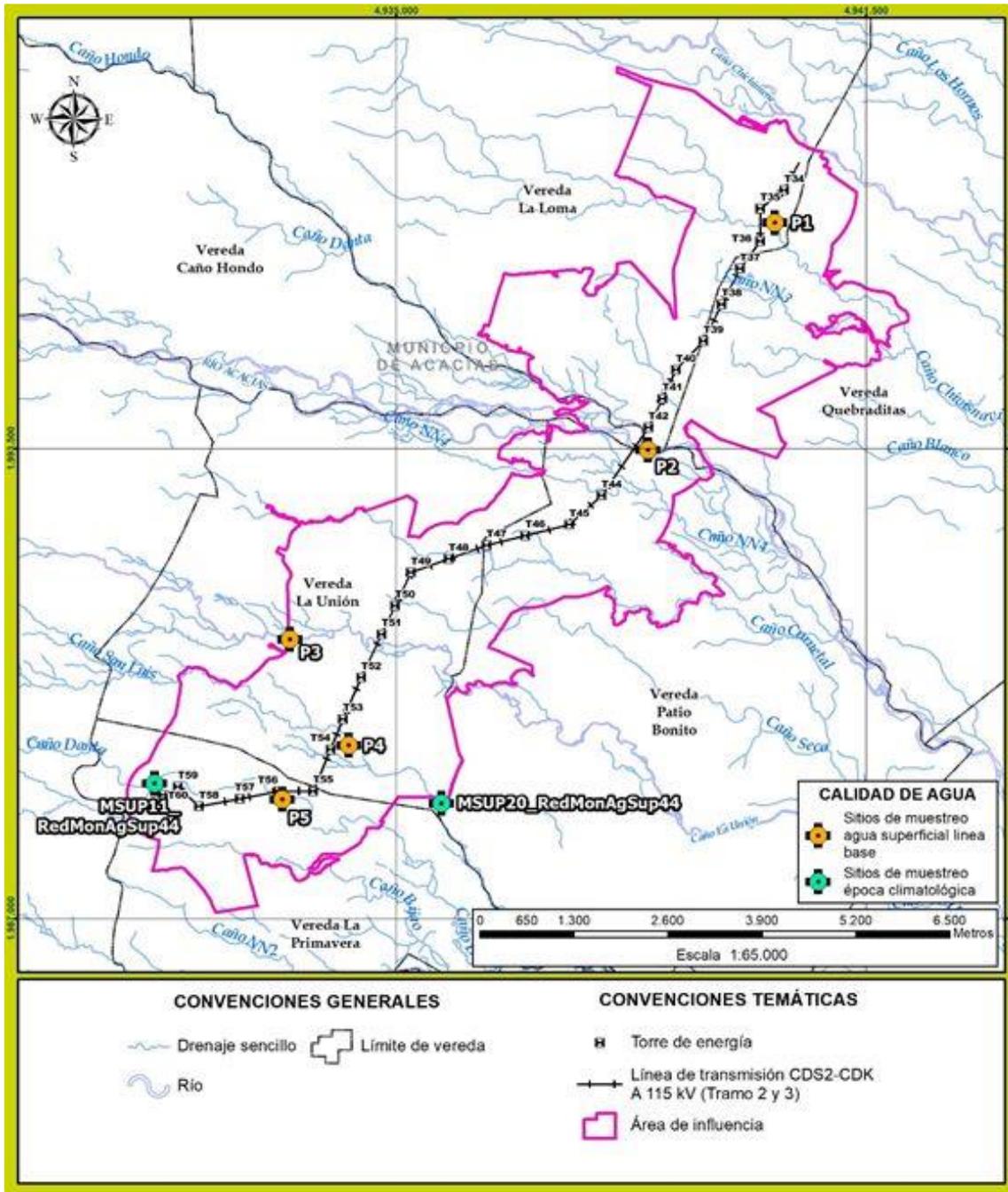
3.3.3.1 Análisis multitemporal de fuentes superficiales aledañas a la línea de transmisión eléctrica de 115 kV presentados en el segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022 (ICA 33 e ICA 34)

En la Figura R-30 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo ubicados en el AI de la línea eléctrica de 115 Kv, donde se cuenta con información de caracterización hidrobiológica del segundo semestre de 2021 y primer semestre de 2022. En la Tabla R-24 se encuentran las coordenadas de los cuerpos de agua monitoreados.

**Tabla R-24. Coordenadas puntos de monitoreo AI de la línea eléctrica de 115 kV**

PUNTO DE MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL				
ID	NOMBRE DEL CUERPO DE AGUA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL		
		ESTE	NORTE	
MSUP11_RedMonAgSup44	Caño Danta	4.931.658,99	1.988.873,00	
MSUP20_RedMonAgSup44	Caño San Luis	4.935.625,54	1.988.596,14	
PUNTO DE MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL				
NOMBRE	ID	NOMBRE DEL CUERPO DE AGUA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
			ESTE	NORTE
Calidad del agua Línea eléctrica	P1	Caño Chavisnavi	4.940.241,17	1.996.621,84
Calidad del agua Línea eléctrica	P2	Río Acacias	4.938.482,04	1.993.479,99
Calidad del agua Línea eléctrica	P3	Caño La Unión	4.933.532,53	1.990.865,25
Calidad del agua Línea eléctrica	P4	Caño San Luis	4.934.345,34	1.989.400,59
Calidad del agua Línea eléctrica	P5	Caño Danta	4.933.426,14	1.988.649,24

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.



**Figura R-30. Localización geográfica de los puntos de monitoreo área de influencia de línea eléctrica de 115 kV**

### 3.3.4 Socioeconómico

El medio socioeconómico y cultural, presenta información relacionada con lineamientos de participación, caracterización municipal y veredal en las dimensiones poblacional, espacial servicios públicos y sociales, económica, cultural, así como lo político organizativo y las tendencias de desarrollo de la zona.

**Lineamientos de participación**, se realizaron cuatro momentos de socialización (Momento cero, y Momentos 1, 2 y Momento 3) con las comunidades identificada como área de influencia del proyecto, durante los cuales se dio a conocer información relacionada con el proyecto, a nivel técnico y ambiental, durante estos encuentros se realizó recolección de información primaria, cartografía social, ficha veredal e identificación de impactos con y sin proyecto.

**Tabla R-25. Veredas área de influencia del proyecto**

UNIDAD TERRITORIAL MAYOR	UNIDAD TERRITORIAL MENOR (VEREDA) PIAR-PRUEBA TECNOLÓGICA DE DESCARBONIZACIÓN CO2
Municipio de Acacias	Montelíbano Bajo
	La Esmeralda
	Montebello
	San Isidro de Chichimene
	UNIDAD TERRITORIAL MENOR (VEREDA) LÍNEA ELÉCTRICA DE 115 kV
	La Loma
	Quebraditas
	Caño Hondo
	La Unión
	Patio Bonito
	La Primavera

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 3.3.5 Paisaje

El análisis del componente de paisaje, se realizó al interior del área de influencia físico biótica de la línea eléctrica de 115 kV, se debe tener en cuenta que el área donde se desarrollaran las actividades de la PIAR - Prueba Tecnológica de descarbonización corresponden a áreas ya intervenidas como es el caso del clúster 46 y para la prueba tecnológica pozos existentes aledaños, por tal razón la caracterización no se realizó para el componente Paisaje por ser áreas ya construidas o intervenidas para la operación del bloque Cubarral.

Las unidades de paisaje (UP), se entienden como divisiones espaciales, que cubren el territorio a estudiar, en el contexto regional. Es de esta manera, que una UP constituye una agregación ordenada y coherente de partes elementales (Escribano, *et al.*, 1991 en Muñoz-Pedrerros, 2004). Según lo anterior, estas unidades se caracterizan por presentar una identidad común que las agremia, y que, a su vez, exponen elementos de interés visual, con funcionalidades ecosistémicas y beneficios socioeconómicos para los pobladores y turistas

En la Tabla R-26 se presenta las unidades de paisaje resultantes, con su área y porcentaje de ocupación dentro del área de influencia físico-biótica del proyecto.

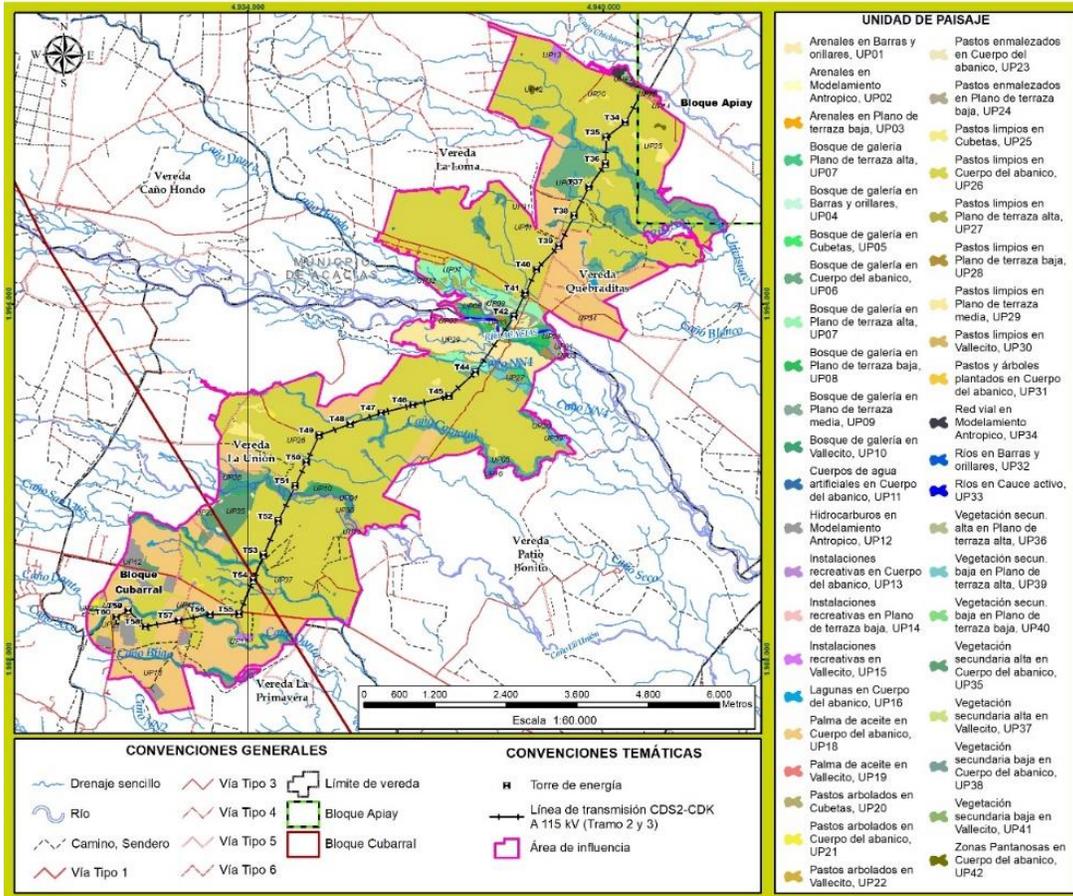
**Tabla R-26. Unidades de Paisaje al interior del AI físico-biótica del proyecto**

Unidades de Paisaje	UP	Área (ha)	Área (%)
Arenales en Barras y orillares	UP01	7,34	0,19%
Arenales en Modelamiento Antrópico	UP02	0,17	0,00%
Arenales en Plano de terraza baja	UP03	0,42	0,01%
Bosque de galería y ripario en Barras y orillares	UP04	0,57	0,01%
Bosque de galería y ripario en Cubetas	UP05	0,15	0,00%

Unidades de Paisaje	UP	Área (ha)	Área (%)
Bosque de galería y ripario en Cuerpo del abanico	UP06	253,33	6,59%
Bosque de galería y ripario en Plano de terraza alta	UP07	74,38	1,93%
Bosque de galería y ripario en Plano de terraza baja	UP08	33,78	0,88%
Bosque de galería y ripario en Plano de terraza media	UP09	21,19	0,55%
Bosque de galería y ripario en Vallecito	UP10	91,17	2,37%
Cuerpos de agua artificiales en Cuerpo del abanico	UP11	2,20	0,06%
Explotación de hidrocarburos en Modelamiento Antrópico	UP12	55,41	1,44%
Instalaciones recreativas en Cuerpo del abanico	UP13	13,94	0,36%
Instalaciones recreativas en Plano de terraza baja	UP14	0,38	0,01%
Instalaciones recreativas en Vallecito	UP15	1,02	0,03%
Lagunas, lagos y ciénagas naturales en Cuerpo del abanico	UP16	7,27	0,19%
Lagunas, lagos y ciénagas naturales en Vallecito	UP17	1,28	0,03%
Palma de aceite en Cuerpo del abanico	UP18	651,12	16,94%
Palma de aceite en Vallecito	UP19	3,00	0,08%
Pastos arbolados en Cubetas	UP20	0,28	0,01%
Pastos arbolados en Cuerpo del abanico	UP21	8,75	0,23%
Pastos arbolados en Vallecito	UP22	0,08	0,00%
Pastos enmalezados en Cuerpo del abanico	UP23	4,42	0,11%
Pastos enmalezados en Plano de terraza baja	UP24	8,83	0,23%
Pastos limpios en Cubetas	UP25	34,65	0,90%
Pastos limpios en Cuerpo del abanico	UP26	2192,96	57,05%
Pastos limpios en Plano de terraza alta	UP27	22,81	0,59%
Pastos limpios en Plano de terraza baja	UP28	18,76	0,49%
Pastos limpios en Plano de terraza media	UP29	121,13	3,15%
Pastos limpios en Vallecito	UP30	18,88	0,49%
Pastos y Árboles plantados en Cuerpo del abanico	UP31	3,99	0,10%
Ríos en Barras y orillares	UP32	0,10	0,00%
Ríos en Cauce activo	UP33	14,28	0,37%
Red vial y territorios asociados en Modelamiento Antrópico	UP34	56,45	1,47%
Vegetación secundaria alta en Cuerpo del abanico	UP35	77,07	2,00%
Vegetación secundaria alta en Plano de terraza alta	UP36	6,75	0,18%
Vegetación secundaria alta en Vallecito	UP37	0,99	0,03%
Vegetación secundaria baja en Cuerpo del abanico	UP38	16,37	0,43%
Vegetación secundaria baja en Plano de terraza alta	UP39	11,88	0,31%
Vegetación secundaria baja en Plano de terraza baja	UP40	2,28	0,06%
Vegetación secundaria baja en Vallecito	UP41	0,73	0,02%
Zonas Pantanosas en Cuerpo del abanico	UP42	3,56	0,09%
<b>Total</b>	<b>42 UP</b>	<b>3844,12</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

En la Figura R-31 se representa la distribución de las unidades de paisaje identificadas al interior del área de influencia físico-biótica del proyecto.



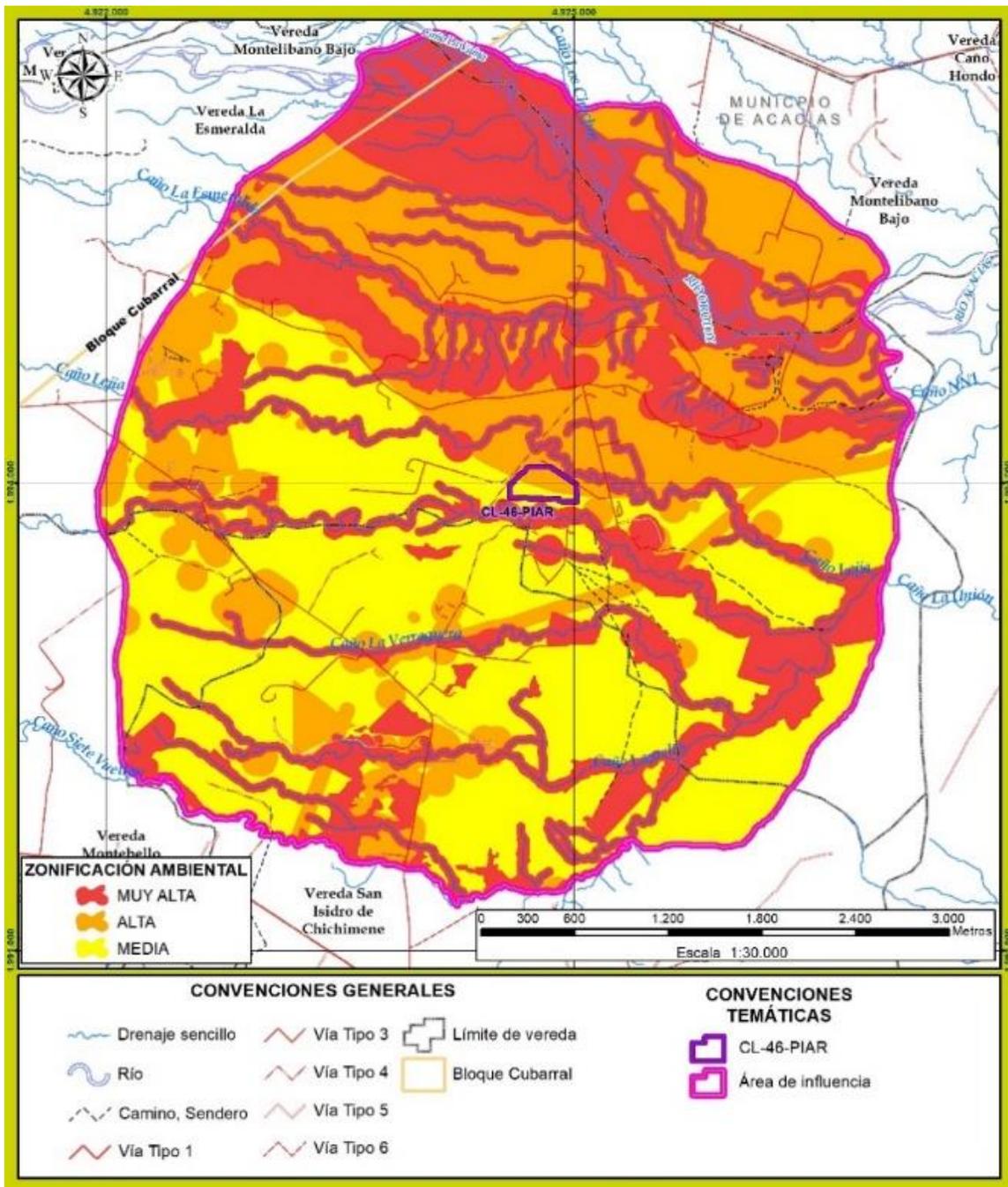
**Figura R-31. Unidades de paisaje identificadas al interior del área de influencia físico biótica del proyecto**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 3.3.6 Zonificación ambiental

La zonificación de manejo ambiental para el estudio de impacto ambiental para la Modificación del Plan de Manejo Ambiental del Bloque Cubarral campos Castilla y Chichimene, fue elaborada a partir de la “Guía para la Elaboración de estudios Ambientales, Anexo 8. Zonificación Ambiental en Áreas de interés Petroleros. Ecopetrol (2018)”, así mismo la caracterización ambiental presentada en el capítulo 3 del presente documento, ha sido interpretada, sectorizada y georreferenciada identificando áreas catalogadas como homogéneas con grados de importancia y/o sensibilidad ambiental de acuerdo a las características de los ecosistemas y servicios sociales y ambientales, generando mapa intermedios (físico, biótico y socioeconómico y cultural).

Con base en la aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se superpondrá la información contenida en los mapas intermedios para obtener la zonificación ambiental del área de influencia en un mapa síntesis. Dicho mapa ubicará espacialmente los diferentes sectores con las actuales condiciones ambientales o grados de restricción. A continuación, la Figura R-32 y la Figura R-33, muestran el resultado descrito.



**Figura R-32. Zonificación ambiental área de influencia PIAR-Prueba Tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

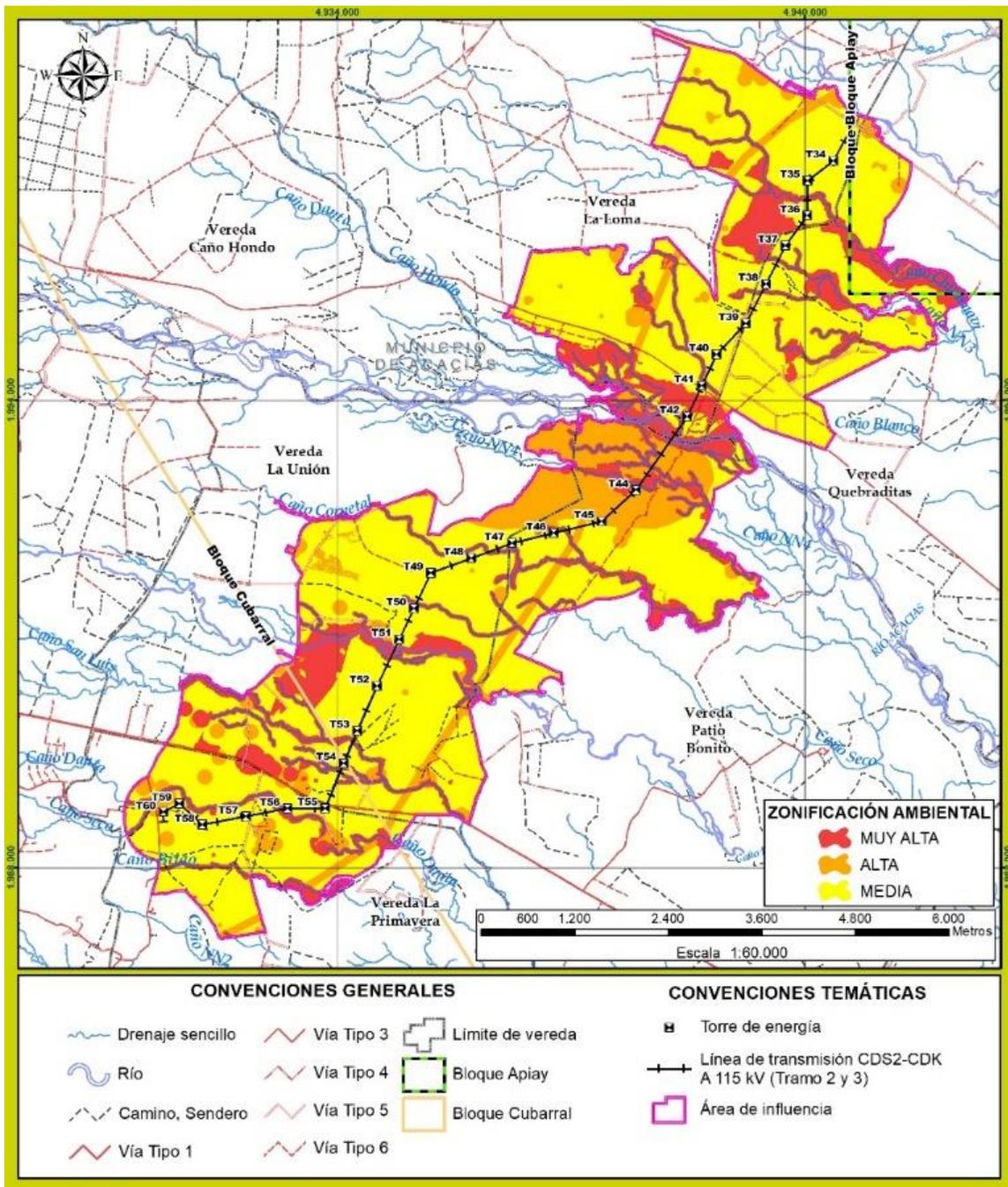


Figura R-33. Zonificación ambiental área de influencia Línea eléctrica de 115 kV

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

#### 4. DEMANDA Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

Para el desarrollo de las estrategias proyectadas en la presente Modificación del Plan de Manejo Ambiental del Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene, se mantendrán los permisos vigentes de uso y aprovechamiento actualmente autorizados por Cormacarena y en caso de ser necesario en la ejecución de las actividades proyectadas se realizará la gestión de los permisos por parte de la operación del proyecto ante la autoridad ambiental. Conforme a lo anterior a continuación, se presenta una síntesis de los permisos de uso y aprovechamiento de recursos naturales actualmente autorizados (ver Tabla R-27).

**Tabla R-27. Uso y aprovechamiento de recursos naturales**

USO Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	DESCRIPCIÓN														
<b>Captación de Aguas Superficiales</b>	Para la presente modificación, no se contempla el uso del recurso hídrico superficial, por lo tanto no se requiere de la solicitud de este permiso.														
<b>Captación de aguas subterráneas</b>	<p>Se cuenta con el pozo profundo localizado en la Estación Chichimene, el cual tiene disponibilidad de recurso hídrico suficiente para abastecer al proyecto, a continuación, en la Tabla R-28 se presentan las coordenadas de ubicación el caudal concesionado y el uso autorizado por CORMACARENA.</p> <p><b>Tabla R-28. Sitios de captación de agua subterránea autorizado</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">UBICACIÓN</th> <th colspan="2">COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL</th> <th rowspan="2">CAUDAL (l/s)</th> <th rowspan="2">USO</th> <th rowspan="2">ACTO ADMINISTRATIVO</th> </tr> <tr> <th>ESTE</th> <th>NORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Estación Chichimene Pozo Chichimene 1 (ID P52)</td> <td>4.923.822,82</td> <td>1.992.642,20</td> <td>10</td> <td>Doméstico e industrial y explotación petrolera</td> <td>Resolución PS-GJ.1.2.6.22.2077 del 20 de diciembre de 2022</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Fuente: Resolución CORMACARENA Resolución PS-GJ.1.2.6.22.2077 del 20 de diciembre de 2022. adoptado por GEOTEC INGENIERÍA, 2022</i></p> <p>Alternativa: adquisición del recurso hídrico mediante la compra de agua a terceros, a través de alguno de los proveedores autorizados, previo establecimiento de la disponibilidad de este y cumplimiento legal por parte de la entidad prestadora del servicio, el uso de agua lluvia almacenada en piscinas y el uso de agua de producción tratada.</p>	UBICACIÓN	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		CAUDAL (l/s)	USO	ACTO ADMINISTRATIVO	ESTE	NORTE	Estación Chichimene Pozo Chichimene 1 (ID P52)	4.923.822,82	1.992.642,20	10	Doméstico e industrial y explotación petrolera	Resolución PS-GJ.1.2.6.22.2077 del 20 de diciembre de 2022
UBICACIÓN	COORDENADAS PLANAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		CAUDAL (l/s)	USO				ACTO ADMINISTRATIVO							
	ESTE	NORTE													
Estación Chichimene Pozo Chichimene 1 (ID P52)	4.923.822,82	1.992.642,20	10	Doméstico e industrial y explotación petrolera	Resolución PS-GJ.1.2.6.22.2077 del 20 de diciembre de 2022										
<b>Vertimiento</b>	<p>En cumplimiento del requerimiento expedido en el artículo 61 del Decreto 3930 de 2010, modificado por el artículo 6 Decreto 4728 de 2010, Ecopetrol S.A., se acogió a la presentación del Plan de Reconversión de Tecnologías Limpias para la Gestión del Vertimiento del Campo Chichimene, con el objetivo de recircular las aguas provenientes en la exploración y explotación petrolífera del Campo para ser usada en la recuperación secundaria y terciaria de crudo y de esta forma eliminar el vertimiento sobre el río Acacias; condición que se implementó a partir de diciembre de 2019, formalizado con el acto administrativo PS-GJ.1.2.6.18 – 2248 del 3 de septiembre de 2018 de CORMACARENA.</p> <p>Las aguas residuales domésticas, serán entregadas a terceros autorizados, que cumplan con todos los permisos necesarios para llevar a cabo esta labor, cabe resaltar que las únicas aguas residuales domésticas generadas, son aquellas resultantes del uso de lavamanos y baños portátiles que sean alquilados en las diferentes etapas del proyecto.</p>														
<b>Ocupación de cauce</b>	Para la presente modificación, no se contempla la construcción de obras nuevas sobre drenajes, por lo tanto, no se requiere solicitud de permisos para ocupación de cauces.														
<b>Aprovechamiento Forestal</b>	Las actividades concernientes a la modificación del Plan de Manejo Ambiental del Bloque Cubarral – Campos Chichimene y Castilla, no contempla la extracción o uso de los recursos maderables identificados en el área de intervención, por lo tanto, no se requiere solicitud de aprovechamiento forestal.														
<b>Materiales de Construcción</b>	Para las obras civiles asociadas a la modificación, tanto los materiales pétreos como granulares serán adquiridos por parte de ECOPETROL S.A. a terceros legalmente constituidos y que cuenten con los permisos legales y ambientales respectivos y vigentes para la explotación y comercialización de este tipo de insumos; en este orden de ideas, la empresa no contempla la solicitud de concesiones para explotación de materiales de arrastre ni de cantera (ver Capítulo II.4 MATERIAL DE ARRASTRE).														
<b>Emisiones Atmosféricas</b>	De acuerdo con la operación futura del proyecto se requiere la construcción de una TEA, por lo que se tramitará del permiso de emisión correspondiente ante la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA).														

*Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022, con información suministrada por ECP.*

## 5. EVALUACIÓN AMBIENTAL

Para la evaluación y caracterización de impactos se decidió usar la metodología de ECOPETROL S.A., la cual se encuentra acogida de la establecida por Conesa en 1997 e interrelacionada con la matriz RAM (Risk Assessment Matrix), que permite determinar la calificación cuantitativa del impacto mediante una matriz simple de dos entradas, donde se evalúa cada efecto según la actividad que lo genera bajo los siguientes criterios: Carácter del impacto, Efecto, Magnitud, Resiliencia, Tendencia, Extensión, Exposición, Recuperabilidad, Acumulación y Sinergia, las cuales mediante una ecuación permitirán encontrar la Importancia Ambiental del Impacto (IA) que en función a la Evidencia (Escenario sin proyecto) y/o a la Probabilidad de ocurrencia (Escenario con proyecto), determina la Significancia Ambiental del Impacto (SAI).

Para la evaluación ambiental de los impactos ambientales derivados de la ejecución del Proyecto se empleó la metodología elaborada por Ecopetrol S.A. en la “*Guía para la elaboración de estudios ambientales. Anexo 2 Identificación y evaluación de impactos ambientales*” (GDE-G-015- Ecopetrol S.A., 2018) (ver Anexo AX\_Eval\_Ambiental). Esta metodología se divide en dos partes, la primera realiza una identificación y evaluación de los efectos generados por las actividades antrópicas actuales en el área y donde se proyecta desarrollar las actividades (*evaluación sin proyecto*) y la segunda identifica y evalúa los posibles efectos que se pueden generar sobre los diferentes componentes ambientales debido a las actividades que conlleva la ejecución del proyecto (*evaluación con proyecto*).

Una vez identificados los impactos ambientales para los escenarios sin y con proyecto, por parte de la comunidad y el equipo interdisciplinario de profesionales a cargo de la elaboración del presente estudio, se procede a efectuar una validación final de aquellos impactos considerados como pertinentes, con su respectiva homologación de acuerdo con la estandarización y jerarquización de impactos ambientales de proyectos licenciados por ANLA, de tal forma que puedan ser estructuradas las matrices de valoración y determinación de la importancia ambiental del impacto.

### 5.1 ESCENARIO SIN PROYECTO

El análisis de las condiciones ambientales sin proyecto consistió en la descripción de las condiciones ambientales del área donde se llevará a cabo la operación de la Planta PIAR por 3 años adicionales, conversión de 2 pozos a pozos inyectoros de aire, prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub>, y la construcción y operación de la línea eléctrica de 115kV; este análisis se basó en la identificación de las actividades antrópicas que han ocasionado cambios en el entorno ambiental sobre los medios físicos, biótico y socioeconómico. Para esto se utilizó una matriz de doble entrada, una con las actividades que se desarrollaran en el transcurso del proyecto y que fueron identificadas en la visita del grupo interdisciplinario de profesionales y la otra con los componentes ambientales que se ven afectados por las mismas.

Para el desarrollo de esta evaluación, se tiene en cuenta consideraciones con los impactos generados por actividades socioeconómicas tradicionales, las intervenciones recientes y las actividades industriales que se han desarrollado en el área a través del tiempo para de esta forma evaluar el **Nivel de Evidencia**, es decir, que tan visible o perceptible es el impacto.

Tabla R-29. Impactos evaluados para el escenario sin proyecto

MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
ABIÓTICO	GEOTECNIA	Morfodinámica	Alteración de las condiciones geotécnicas
	GEOMORFOLÓGICO	Morfodinámica	Alteración de la geoforma del terreno
	GEOLÓGICO	Morfodinámica	Alteración de las condiciones geológicas
	SUELO	Calidad del suelo	Alteración de la calidad del suelo

MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
ABIÓTICO	HIDROGEOLÓGICO	Aguas subterráneas	Alteración a la calidad del recurso hídrico subterráneo
		Aguas subterráneas	Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo
	HIDROLÓGICO	Aguas superficiales	Alteración en la oferta y disponibilidad del recurso hídrico superficial
		Aguas superficiales	Alteración hidrogeomorfológica de la dinámica fluvial y/o del régimen sedimentológico
		Aguas superficiales	Alteración en la calidad del recurso hídrico superficial
	ATMOSFÉRICO	Aire	Alteración a la calidad del aire
		Aire	Alteración en los niveles de radiación
		Aire	Generación de olores ofensivos
		Ruido	Alteración en los niveles de presión sonora
	PAISAJE	Calidad y fragilidad visual	Cambio en la estructura del paisaje
BIÓTICO	FLORA	Flora	Alteración a comunidades de flora
	COBERTURA	Cobertura	Alteración a cobertura vegetal
	FAUNA	Fauna	Alteración a comunidades de fauna terrestre
	FAUNA-HIDROBIOTA	Fauna	Alteración a la hidrobiota incluyendo la fauna acuática
SOCIOECONÓMICO	DEMOGRÁFICO	Dinámica poblacional	Cambio en las variables demográficas
	ESPACIAL	Movilidad	Modificación de la accesibilidad, movilidad y conectividad local
	ECONÓMICO	Vocación económica	Modificación de las actividades económicas de la zona
	SOCIOCULTURAL	Percepción visual	Alteración en la percepción visual del paisaje
		Uso social del suelo	Cambio en el uso social del suelo
Relaciones sociales		Generación y/o alteración de conflictos sociales	

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

### 5.1.1 Escenario con proyecto

El análisis del área donde se realizarán las actividades objeto de esta modificación, en el escenario con proyecto considera los efectos y las consecuencias que conllevaría la ejecución de las actividades sobre el entorno; para este escenario se tiene como herramienta la información obtenida en el **Capítulo 3. Caracterización del área de influencia de proyecto** y la descripción técnica de las actividades proyectadas a efectuarse. Finalmente, se resalta que dicho análisis de impactos con y sin proyecto, se constituye en uno de los insumos más importantes para el diseño de las medidas de manejo.

En total fueron identificados y evaluados 145 interacciones en el escenario con proyecto, de los cuales 29 impactos son positivos con una participación porcentual de (20%) del total de los evaluados, mientras que los restantes 116 son negativos, correspondiendo a un total de (80%).

La etapa constructiva del proyecto se generan en su mayoría impactos negativos con un total del 40,0% y 4,8% de impactos positivos de participación, siendo la etapa que más obtiene calificación dentro de la evaluación de impactos con una participación del 44,8% del total.

Las actividades transversales son aquellas que son realizadas a lo largo del proyecto, sin importar la etapa de desarrollo en la que este se encuentre, teniendo el 11,7% de interacciones del total, siendo 10,3% de carácter negativo y 1,4% de carácter positivo.

De igual manera, para la etapa de desmantelamiento, abandono y rehabilitación ambiental, la cual tiene un 18,6% de participación porcentual, se identifica en su mayoría interacciones de carácter positivo 11,0%, mientras que interacciones negativas un 7,6%.

## 5.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

Para el proyecto de Modificación del Plan de Manejo Ambiental Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene, fueron identificados un total de cuatro (4) potenciales impactos significativos producto de la ejecución de las actividades propias del proyecto, de los cuales dos (2) se manifestarían con carácter negativo, correspondientes a Alteración de la calidad del suelo y Generación y/o alteración de conflictos sociales; y dos (2) con carácter positivo, correspondientes a Modificación de la Accesibilidad, movilidad y conectividad local y Modificación de las actividades económicas de la zona.

Una vez desarrollado el análisis de internalización con la revisión y verificación de las medidas de manejo planteadas en el PMA, relacionadas con cada uno de los impactos significativos de carácter negativo, se determinó la imposibilidad de internalizar los impactos de Alteración de la calidad del suelo y Generación y/o alteración de conflictos sociales, mediante las acciones definidas en el PMA del proyecto, por lo cual fueron objeto de valoración económica.

El valor económico del impacto significativo de carácter positivo correspondiente a Modificación de la Accesibilidad, movilidad y conectividad local, no fue objeto de tasación, debido a la imposibilidad de establecer la cuantificación biofísica del delta ambiental debido a su alto nivel de incertidumbre y por lo cual, no se logra determinar la manifestación de la externalidad positiva percibida por los habitantes del área de influencia, insumo estrictamente necesario para asignar el valor económico asociado al beneficio identificado.

La tasación monetaria más representativa en el flujo de beneficios y costos en cuanto a los impactos negativos corresponde al impacto de Alteración de la calidad del suelo generado por las actividades significativas de desmonte y descapote y excavación, cortes y rellenos, tasado por valor de \$782.567.676 pesos constantes 2022.

Teniendo en cuenta el Valor Presente Neto y la Relación Beneficio Costo, seleccionados como criterios e indicadores de decisión, se obtuvo como resultado un valor de \$1.369.593.251 siendo mayor a 0 y 2,18, siendo mayor a 1, permiten concluir la viabilidad socioambiental del proyecto.

Los resultados del análisis de sensibilidad evidencian que el proyecto de Modificación del Plan de Manejo Ambiental Bloque Cubarral - Campos Castilla y Chichimene, es viable desde una perspectiva social y ambiental aun en escenarios críticos de aumento de costos y reducción de beneficios.

Para la construcción del flujo económico global solicitado por la Autoridad Ambiental, se consideró como base el flujo económico ajustado y presentado en el marco de la modificación de licencia aprobada mediante Resolución 0293 de 2016, dicho documento se encuentra en la carpeta de Anexos 3\_Anexo/AX\_EVAL\_AMBIENTAL/6.2\_Valoración Económica/ Anexo 10. Actualización valoración económica denominado como "2. Anexo\_Memoria de cálculo\_Auto 880".

El flujo económico global arrojó resultados positivos aun considerando los impactos significativos objeto de valoración económica, presentados en la solicitud de la modificación de licencia ambiental. Los criterios e indicadores dieron como resultado, por un lado, un valor mayor a 1 (13,95) en cuanto a la Relación beneficio Costo y un valor mayor a cero para el TEST de VPN (\$ 2.010.625.410.178), lo cual permite concluir que el proyecto es socioambientalmente viable.

## 6. ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL

La zonificación de manejo ambiental establece el grado de intervención que se puede efectuar dentro del área de influencia físico-biótica, por las actividades a desarrollar por un proyecto, dentro de las cuales está: operación del proyecto de inyección de aire (PIAR) con las mismas capacidades aprobadas de inyección y de tratamiento de gases en la plataforma clúster 46 por 3 años adicionales, la conversión de dos pozos productores existentes a pozos inyectoras, prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub> y la construcción y operación de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV.

Es así como las categorías de manejo ambiental son establecidas para el Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene, mediante la Resolución 728 del 6 de septiembre de 2012, modificada por la Resolución 293 de 2016, zonificación que se relaciona en la Tabla R-30.

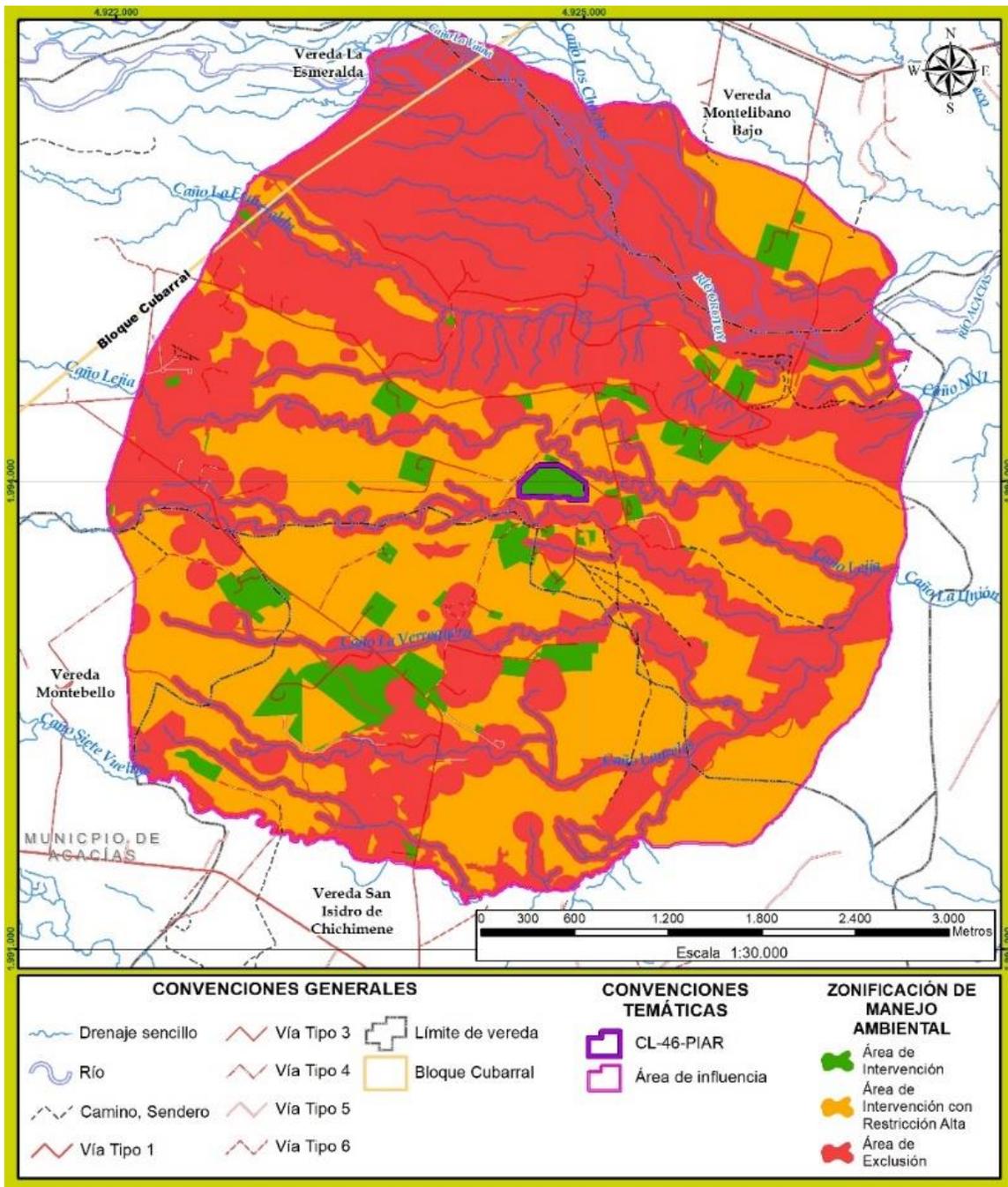
**Tabla R-30. Zonificación de manejo ambiental establecida para el Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene**

Áreas de exclusión
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Áreas protegidas legalmente del orden nacional, regional y local.</li> <li>2. Distritos de Manejo Integrado.</li> <li>3. Reservas de la Sociedad Civil</li> <li>4. Áreas Protectoras de acuerdo al uso del suelo, estipuladas en los POT/EOT/PBOT.</li> <li>5. Áreas cuyo uso en los POT/EOT/PBOT definen expresamente la prohibición del desarrollo de actividades industriales.</li> <li>6. El balneario de Humadea declarado como patrimonio ecológico, cultural y turístico del de acuerdo con el EOT de Guamal</li> <li>7. Ronda hídrica de los caños Grande, Tres Ranchos y Bejuco de acuerdo con el EOT de Guamal.</li> <li>8. Zona de protección de ronda hídrica de 100 m de acuerdo con el POT de Villavicencio y Castilla la Nueva. Esto, a excepción de los sitios de ocupación de cauces de los cuerpos lóticos autorizados.</li> <li>9. Franja de protección de 100 m a lado y lado de los ríos Humadea y Guamal a partir de la cota de inundación, de acuerdo con el EOT de Guamal. Esto, a excepción de los sitios de ocupación de cauces de los cuerpos loticos autorizados.</li> <li>10. Ecosistema estratégico: Bosque de Avichury</li> <li>11. Nacimientos, manantiales, aljibes y pozos de agua subterránea con un radio de protección de 100 metros.</li> <li>12. Áreas susceptibles de erosión.</li> <li>13. Áreas con suelos inestables</li> <li>14. E1 área de acuífero superficial (libre) que se conecta hidráulicamente con el agua del nivel base de los cauces principales (Río Acacias, Orotoy y Guamal) definida como Unidad hidrogeológica 11 en el mapa hidrogeológico presentado.</li> <li>15. Áreas de conservación, restauración y preservación definidas en el POMCA del río Acacias, aprobado y adoptado por CORMACARENA mediante la Resolución PSG11.2.6.012.0316.</li> <li>16. Humedal Castilla la nueva y su ronda de protección como ecosistema estratégico de acuerdo con el diagnóstico ambiental adelantado por CORMACARENA.</li> <li>17. Bosque de galería y ripario. Admiten el cruce de infraestructura lineal, de acuerdo con los permisos de aprovechamiento forestal y de ocupación de cauce que se otorgan por parte de la Corporación Autónoma Regional competente.</li> <li>18. Bosque de galería, vegetación secundaria alta, y morichales, que se encuentren de los polígonos de las áreas prioritarias de conservación.</li> <li>19. Los cuerpos de agua lóticos tales como ríos, quebradas caños, que no estén contemplados en los POT y/o EOT, incluyendo una franja de protección a cada lado y en toda su longitud, de mínimo 30 metros medidos a partir del nivel máximo de la cota de inundación, para la realización de cualquier actividad. Esto, a excepción de los sitios de ocupación de cauces autorizados por la autoridad ambiental competente.</li> <li>20. Lagos, lagunas, morichales y esteros presentes en toda el Área de Influencia Directa - AID, con una distancia de 100 m alrededor de los mismos (solamente se permite la ejecución de actividades de operación y mantenimiento en infraestructura existente; por otro lado, en la infraestructura nueva, solo se permiten actividades de tendido de líneas eléctricas si ellas no conllevan el aprovechamiento de recursos naturales).</li> <li>21. Humedales y jagüeyes y sus especies vegetales asociadas.</li> <li>22. Morichales y especies vegetales nativas asociadas a este ecosistema.</li> <li>23. Sitios de interés paisajístico y social con una franja de 15 metros de protección.</li> <li>24. Cascos urbanos con una ronda de protección de 300 metros</li> <li>25. Centros poblados, viviendas aisladas, puestos de salud, centros educativos, cementerios, infraestructura para el abastecimiento de servicios públicos (acueductos y líneas de conducción hídrica) y sociales (puestos de salud, iglesias, pistas de aterrizaje y recreación); como también la correspondiente a la generación de Ingresos y sustento de la población (estanques piscícolas, infraestructura para la cría y levante de especies menores, cultivos de pancoger), a una distancia mínima de 200 m por actividades directas de la perforación de pozos. Solo se admiten intervenciones relacionadas con el mantenimiento y la adecuación de vías.</li> <li>26. Aljibes, pozos profundos, áreas de bocatomas, acueductos, jagüeyes, molinos, infraestructura de suministro hídrico e instalaciones de funcionamiento de las fincas y haciendas, con una ronda de protección de 100 m.</li> <li>27. Cultivos de Pancoger. Desarrollo de actividades inherentes al proyecto autorizadas en el Plan de Manejo Ambiental - PMA establecido, diferentes a la perforación de pozos.</li> </ol>

Áreas de exclusión
<b>Áreas de intervención con restricción alta</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pendientes variables producto del efecto del agua sobre las terrazas aluviales</li> <li>2. Infraestructura vial</li> <li>3. Área de recarga de acuíferos</li> <li>4. Vegetación secundaria baja.</li> <li>5. Áreas de pastos arbolados.</li> <li>6. Zonas pantanosas.</li> <li>7. Áreas con potencial arqueológico, según lo establecido y aprobado por el ICANH, en el Plan de Manejo Arqueológico</li> <li>8. Los predios entre 0 y 10 ha, con uso del suelo dedicado a la agricultura y actividades pecuarias. Se autorizan actividades de operación y mantenimiento de infraestructura existente (vías, sistema de suministro de energía eléctrica (incluye poda del derecho de vía) sistema hidráulico (líneas de flujo) y del derecho de vía DDV) ampliación de plataformas existentes, perforación de nuevos pozos en plataformas existentes), nueva infraestructura (tendido de líneas eléctricas, instalación e izaje de estructura asociada al sistema de suministro de energía eléctrica- montaje de apoyos, construcción y operación de nuevas líneas de flujo, construcción de nuevas vías. La restricción además consiste en que previa a su intervención se implemente la medida de "intervención de predios menores a 10 ha"</li> </ol>
<b>Áreas susceptibles de intervención</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Suelos profundos y de baja susceptibilidad a la erosión</li> <li>2. Depósitos aluviales con escasa cobertura</li> <li>3. Zonas con pendientes bajas</li> <li>4. Pastos enmalezados</li> <li>5. Pastos limpios</li> <li>6. Cultivos permanentes arbóreos: Palma de aceite y cítricos</li> <li>7. Cultivos permanentes herbáceos: Plátano y banano</li> <li>8. Cultivos transitorios</li> <li>9. Canales de riego asociados a estos cultivos, siempre y cuando sea concertado su intervención con el propietario</li> <li>10. Zonas arenosas naturales</li> <li>11. Plantaciones forestales</li> <li>12. Tierras desnudas y degradadas</li> </ol>

*Fuente: Resolución 728 de 2012 Artículo 3, Resolución 293 de 2016, artículo octavo, numerales i y ii.*

Como resultado de los análisis realizado, se obtuvo la zonificación de manejo ambiental, para la modificación tal y como se muestra en la Figura R-34 y la Figura R-35.



**Figura R-34. Zonificación de manejo área de influencia PIAR-Prueba Tecnológica de Descarbonización CO<sub>2</sub>**

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

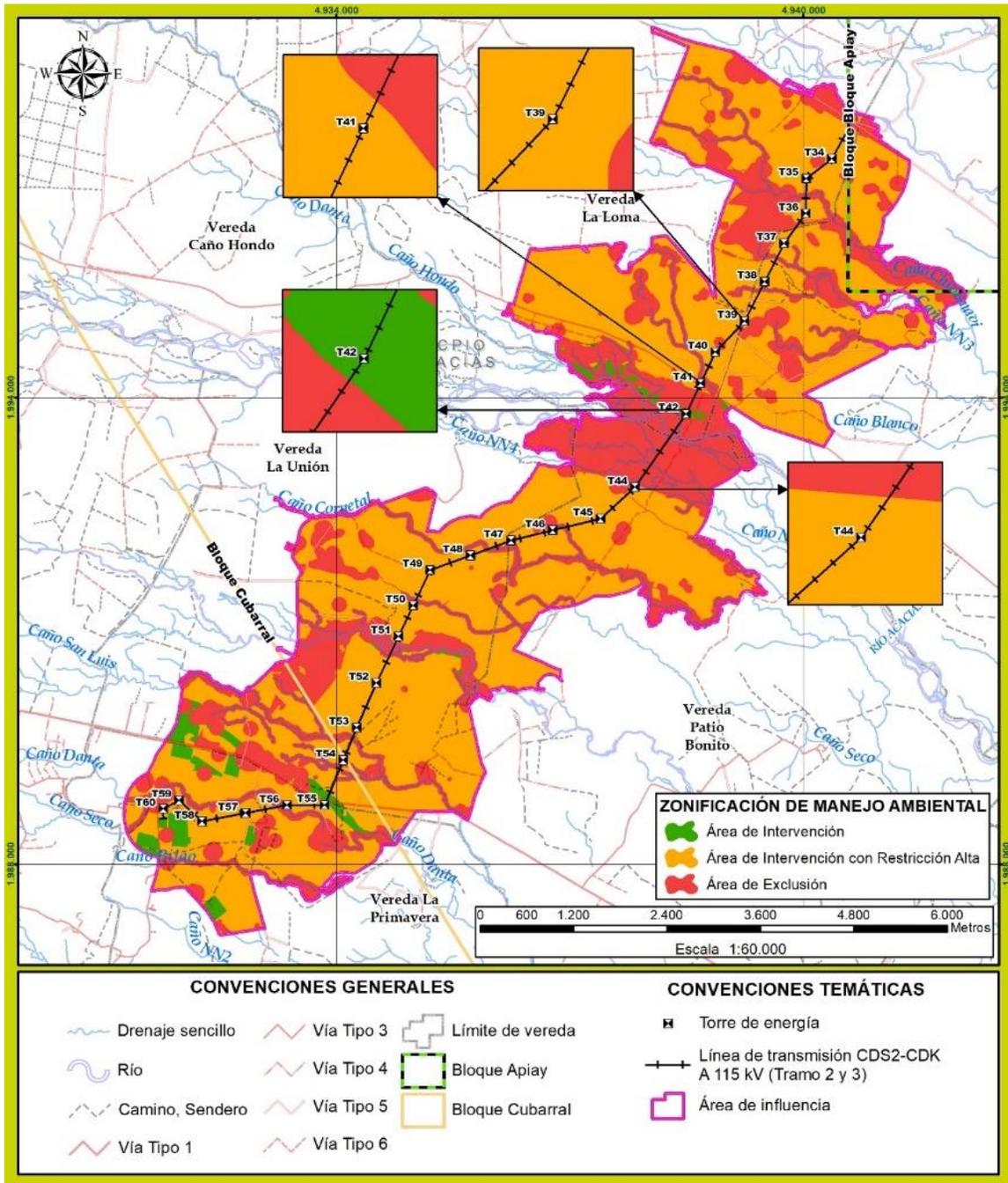


Figura R-35. Zonificación de manejo área de influencia Línea eléctrica de 115 kV

Fuente: GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

---

## 7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El presente plan de manejo ambiental (PMA), contiene las acciones que permiten, prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los efectos negativos de los impactos ambientales que se pueden generar por las actividades objeto de la presente modificación en el desarrollo de las actividades transversales, construcción, operación y desmantelamiento y abandono.

Las fichas de manejo presentadas para el Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación del Plan de Manejo Ambiental del Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene contiene la estructura autorizada mediante la Resolución 293 del 18 de marzo de 2016, ARTÍCULO NOVENO, para el proyecto Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene. las fichas incluyen las acciones de manejo para la operación del Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene, incluyendo las medidas específicas para el funcionamiento de la PIAR, Prueba tecnológica de descarbonización CO<sub>2</sub> y la construcción y operación de la línea de transmisión eléctrica de 115 kV-

En la Tabla R-31 se relaciona las fichas a las que se les incluyo información correspondiente a las actividades objeto de esta modificación (Piloto de Inyección de Aire (PIAR-Prueba tecnológica de descarbonización y línea de transmisión eléctrica de 115 kV).

**Tabla R-31. Homologación de programas y Proyectos Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene**

Estructura PMA Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene (2016)		Estructura del Plan de Manejo Para El Estudio de Impacto Ambiental para La Modificación del PMA Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene		Aplicabilidad para la Modificación	Información Complementaria	
PROGRAMAS DE MANEJO	PROYECTO	PROGRAMAS DE MANEJO	PROYECTO			
6.1 MEDIO ABIÓTICO	6.1.1. Programas de manejo del suelo	7.1.1. Programas de manejo del suelo	7.1.1.1 Manejo y disposición de material sobrante y ZODME	SI	Se actualizan metas, evaluación ambiental, acciones a desarrollar 1 y 2, indicadores, cronograma y presupuesto.	
			6.1.1.2 Manejo de taludes	7.1.1.2 Manejo de taludes	SI	Se actualizan metas, evaluación ambiental y método de perfil de taludes, indicadores y cronograma , presupuesto
			6.1.1.3 Manejo paisajístico	7.1.1.3 Manejo paisajístico	SI	Se mantiene la ficha de manejo tal y como fue autorizada en la Resolución 293 de 2016
			6.1.1.4 Manejo de residuos aceitosos de actividades de producción	7.1.1.4 Manejo de residuos aceitosos de actividades de producción	SI	Se mantiene la ficha de manejo tal y como fue autorizada en la Resolución 293 de 2016
			6.1.1.5 Manejo de cortes de perforación	7.1.1.5 Manejo de cortes de perforación	SI	La ficha aplicará en caso de que se requiera la perforación de pozos nuevos, esto para la prueba tecnológica de descarbonización CO2
			6.1.1.6 Manejo de materiales de construcción	7.1.1.6 Manejo de materiales de construcción	SI	Se ajusta la evaluación ambiental, actualización del listado de canteras para compra de material de arrastre, indicadores, cronograma y presupuesto
			6.1.1.7 Manejo de escorrenría	7.1.1.7 Manejo de escorrenría	SI	Se actualizan objetivos, metas, etapas de aplicación, evaluación ambiental, indicadores, cronograma y presupuesto, las acciones se mantienen según lo aprobado por la Resolución 293 de 2016
			6.1.1.8 Gestión integral de residuos sólidos institucionales e industriales no peligrosos	7.1.1.8 Gestión integral de residuos sólidos institucionales e industriales no peligrosos	SI	Se ajusta de acuerdo con la versión 2 de la Guía para el Manejo Integral de Residuos en Ecopetrol S.A., elaborada el 31 de diciembre de 2020 y con código HSE-G-004. Adicionalmente, se actualiza la información de evaluación ambiental, presupuesto y costos del proyecto.
			6.1.1.9 Gestión integral de residuos peligrosos	7.1.1.9 Gestión integral de residuos peligrosos	SI	
			6.1.1.10 Manejo de Residuos de palma.	7.1.1.10 Manejo de Residuos de palma.	SI	La ficha se mantiene según lo aprobado por la Resolución 293 de 2016.
			6.1.1.11 Retiro de infraestructura, campamentos e instalaciones	7.1.1.11 Retiro de infraestructura, campamentos e instalaciones	SI	Se actualizan los objetivos, metas, evaluación ambiental, indicadores de seguimiento y monitoreo, y cronograma de ejecución las acciones se mantienen según lo aprobado por la Resolución 293 de 2016
6.1.2. Programas de manejo del recurso hídrico	6.1.2.1 Manejo de residuos líquidos domésticos	7.1.2. Programas de manejo del recurso hídrico	7.1.2.1 Manejo de residuos líquidos domésticos	SI	Se incluye el manejo de residuos líquidos domésticos en el Piloto de Inyección de Aire – PIAR. Adicionalmente, se actualiza la información de evaluación ambiental y costos del proyecto.	
			6.1.2.2 Manejo de residuos líquidos industriales	7.1.2.2 Manejo de residuos líquidos industriales	SI	Se incluye el manejo de las aguas residuales industriales en el Bloque Chichimene . Adicionalmente, se actualiza la información de evaluación ambiental y costos del proyecto.

Estructura PMA Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene (2016)		Estructura del Plan de Manejo Para El Estudio de Impacto Ambiental para La Modificación del PMA Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene		Aplicabilidad para la Modificación	Información Complementaria	
PROGRAMAS DE MANEJO	PROYECTO	PROGRAMAS DE MANEJO	PROYECTO			
6.1 MEDIO ABIÓTICO	6.1.2. Programas de manejo del recurso hídrico	7.1.2. Programas de manejo del recurso hídrico	6.1.2.3 Manejo de cruces de cuerpos de agua	7.1.2.3 Manejo de cruces de cuerpos de agua	NO	No se incluyó información complementaria
			6.1.2.4 Manejo de captación	7.1.2.4 Manejo de captación	SI	Aplica para las acciones asociadas a la captación de aguas subterráneas ya que el proyecto no prevé necesidad de uso y/o aprovechamiento del recurso hídrico superficial
			6.1.2.5 Manejo de aguas subterráneas	7.1.2.5 Manejo de aguas subterráneas	SI	Se actualizan evaluación ambiental, las acciones a desarrollar asociadas al inventario de pozos, aljibes y manantiales, pozos de inyección y medidas para la construcción de la línea eléctrica de 115 kV, indicadores, cronograma y costos
	6.1.3. Programa de manejo del recurso aire	7.1.3. Programa de manejo del recurso aire	6.1.3.1 Manejo de fuentes de emisiones y ruido	7.1.3.1 Manejo de fuentes de emisiones y ruido	SI	Se ajusta la acción 4, incluyendo medidas de manejo para la operación del Piloto de Inyección de Aire. . Adicionalmente, se actualiza la información de evaluación ambiental y costos del proyecto
			6.1.3.2 Control y manejo de olores ofensivos	7.1.3.2 Control y manejo de olores ofensivos	NO	No aplica para el presente proyecto ya que las actividades no generan el manejo de control de olores ofensivos
	6.1.4 Programa de compensación para el medio abiótico	7.1.4 Programa de compensación para el medio abiótico	6.1.4.1 Proyecto de recuperación de suelos	7.1.4.1 Proyecto de recuperación de suelos	SI	No se incluye información complementaria, se mantienen la ficha tal y como fue autorizada mediante la Resolución 293 de 2016
			6.1.4.2 Proyecto de compensación asociado al recurso hídrico.	7.1.4.2 Proyecto de compensación asociado al recurso hídrico.	NO	No Aplica para el presente proyecto, ya que el proyecto no hará uso/aprovechamiento de fuentes hídricas
	6.1.5 Programa General de Actividades constructivas para el desarrollo del Bloque Cubarral	7.1.5 Programa General de Actividades constructivas para el desarrollo del Bloque Cubarral	6.1.5.1. Manejo de instalaciones temporales	7.1.5.1. Manejo de instalaciones temporales	SI	Se actualiza la evaluación ambiental, indicadores, cronograma y presupuesto
			6.1.5.2 Manejo de Equipos y Maquinaria.	7.1.5.2 Manejo de Equipos y Maquinaria.	SI	Se actualizan, etapas de aplicación, evaluación ambiental, indicadores, cronograma y presupuesto.
			6.1.5.3 Manejo de combustibles y lubricantes.	7.1.5.3 Manejo de combustibles y lubricantes.	SI	No se incluye información complementaria, se mantienen la ficha tal y como fue autorizada mediante la Resolución 293 de 2016
6.1.5.4 Construcción, adecuación y mantenimiento de vías			7.1.5.4 Construcción, adecuación y mantenimiento de vías	SI	Se actualiza, evaluación ambiental, acciones a desarrollar (tabla de señales de obra), indicadores, cronograma de ejecución y presupuesto	
6.2. MEDIO BIÓTICO	6.2.1 Programa de Manejo del Suelo	7.2.1 Programa de Manejo del Suelo	6.2.1.1 Manejo de coberturas vegetales, flora y descapote	7.2.1.1 Manejo de coberturas vegetales, flora y descapote	SI	Se actualizan las acciones a desarrollar relacionadas con la poda aérea y radicular e indicadores de seguimiento y monitoreo
	6.2.2. Programa de protección y conservación de hábitats, ecosistemas estratégicos y áreas protegidas.	7.2.2. Programa de protección y conservación de hábitats, ecosistemas estratégicos y áreas protegidas.			SI	Se actualizan las acciones a desarrollar correspondientes al análisis de la fragmentación
	6.2.3 Programa de revegetalización y/o reforestación	7.2.3 Programa de revegetalización y/o reforestación	6.2.3.1 Revegetalización y/o reforestación de áreas intervenidas	7.2.3.1 Revegetalización y/o reforestación de áreas intervenidas	SI	Se actualiza el listado de viveros
	6.2.4 Programa de Manejo del Recurso Hídrico	7.2.4 Programa de Manejo del Recurso Hídrico	6.2.4.1 Manejo del recurso hidrobiológico	7.2.4.1 Manejo del recurso hidrobiológico	SI	Se actualiza evaluación ambiental, Acción 1 y 2, indicadores de seguimiento y monitoreo, cronograma de ejecución y presupuesto
	6.2.5 Programa de conservación de flora, fauna y especies vegetales y faunísticas en peligro	7.2.5 Programa de conservación de flora, fauna y especies vegetales y faunísticas en peligro			SI	Se actualiza la Acción 2 Medias de manejo para especies briofitas y epifitas, Acción 4, indicadores seguimiento y monitoreo

Estructura PMA Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene (2016)		Estructura del Plan de Manejo Para El Estudio de Impacto Ambiental para La Modificación del PMA Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene		Aplicabilidad para la Modificación	Información Complementaria	
PROGRAMAS DE MANEJO	PROYECTO	PROGRAMAS DE MANEJO	PROYECTO			
6.3 SOCIOECONÓMICO	6.3.1 Programa de información, comunicación y participación comunitaria	7.3.1 Programa de información, comunicación y participación comunitaria	6.3.1.1 Proyecto de Información y comunicación	7.3.1.1 Proyecto de Información y comunicación	SI	La ficha se mantiene según lo aprobado por la Resolución 293 de 2016.
			6.3.1.2 Proyecto de capacitación a pobladores del AI	7.3.1.2 Proyecto de capacitación a pobladores del AI	SI	La ficha se mantiene según lo aprobado por la Resolución 293 de 2016.
			6.3.1.3 Proyecto de Atención a inquietudes, peticiones, quejas, reclamos y solicitudes – IPQRS	7.3.1.3. Proyecto de Atención a inquietudes, peticiones, quejas, reclamos y solicitudes – IPQRS	SI	La ficha se mantiene según lo aprobado por la Resolución 293 de 2016.
			6.3.1.4 Proyecto de Participación en seguimiento Ambiental y de Infraestructura Vial	7.3.1.4 Proyecto de Participación en seguimiento Ambiental y de Infraestructura Vial	SI	Se actualiza acciones a desarrollar e indicadores de seguimiento y monitoreo
				La ficha se mantienen según lo aprobado por la Resolución 728 de 2012	SI	La ficha se mantienen según lo aprobado por la Resolución 728 de 2012
	6.3.2 Programa de apoyo a la capacidad de gestión institucional	7.3.2 Programa de apoyo a la capacidad de gestión institucional	SI	La ficha se mantiene según lo aprobado por la Resolución 293 de 2016.		
	6.3.3 Programa de atención a la infraestructura social y económica afectada	7.3.3 Programa de atención a la infraestructura social y económica afectada	SI	La ficha se mantiene según lo aprobado por la Resolución 293 de 2016.		
	6.3.4 Intervención de predios Inferiores a 10Ha	7.3.4 Intervención de predios Inferiores a 10Ha	SI	La ficha se mantiene según lo aprobado por la Resolución 293 de 2016.		
	7.3.5 Programa de reubicación de población	NO	Se presenta la ficha pero no aplica para la modificación solicitada ya que no se requiere la reubicación de población por las actividades del proyecto			

Fuente: Resolución 293 de 2016, adaptado por GEOTEC INGENIERÍA, 2022.

## 8. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PROYECTO

El programa de seguimiento y monitoreo desarrollado en este capítulo establece las actividades que deben implementarse con el fin de comprobar la eficacia de las medidas propuestas en el plan de manejo ambiental presentado en el capítulo 7 del presente estudio.

Las actividades que se incluyen en las fichas contienen el seguimiento para todo el Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene, incluyendo las acciones específicas para el funcionamiento de la PIAR, Prueba tecnológica de descarbonización y la construcción y operación de la línea eléctrica.

Se debe destacar que la estructura del capítulo conserva lo aprobado en el Artículo Décimo de la resolución 293 de 2016. En la Tabla R-32 se muestra los programas de seguimiento y monitoreo para la modificación del plan de manejo (PMA) del Bloque Cubarral Campos Castilla y Chichimene.

**Tabla R-32. Programa de Seguimiento y Monitoreo para el Bloque Cubarral-Campos Castilla y Chichimene**

FICHAS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO			Aplica para la presente modificación del PMA del Bloque Cubarral	Información Complementaria
Programas de Seguimiento	Ficha	Ficha del PMA a la cual hace Seguimiento		
8.1. MEDIO ABIÓTICO	8.1.1 Aguas residuales y corrientes receptoras.	7.1.2.1 Manejo de residuos líquidos domésticos.	SI	Se ajustó la Acción 3. Incluyendo las consideraciones para la PIAR, Prueba Tecnológica de Descarbonización y la Línea de transmisión eléctrica a 115 kV
		7.1.2.2 Manejo de residuos líquidos industriales.		
	8.1.2 Aguas subterráneas.	7.1.2.4 Manejo de la captación.	SI	
		7.1.2.5 Manejo de aguas subterráneas.		
	8.1.3 Emisiones atmosféricas, calidad de aire y ruido.	7.1.3.1 Manejo de fuentes de emisiones y ruido.	SI	
	8.1.4 Olores ofensivos	7.1.3.2 Control y manejo de olores ofensivos	NO	
8.1.5 Suelo.	7.1.4.1 Proyecto de recuperación en suelos.	SI		
8.1.6 Sistemas de manejo, tratamiento y disposición de residuos sólidos institucionales e industriales no peligrosos y peligrosos.	Gestión integral de residuos sólidos institucionales e industriales no peligrosos.	SI	Se actualizó la información respecto a la guía para el manejo integral de residuos de Ecopetrol HSE-G-004 de diciembre de 2020.	
	Gestión integral de residuos industriales no peligrosos.			
7.2 MEDIO BIÓTICO	8.2.1 Flora y Fauna	7.2.1.1 Manejo de coberturas vegetales, flora y descapote.	SI	Se actualizó la información respecto a etapas de aplicación, medidas específicas relacionadas con desviadores de vuelo e indicadores de seguimiento y monitoreo
		7.2.5.1 Programa de Conservación de Flora, Fauna y Especies Vegetales y Faunísticas en Peligro		

FICHAS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO			Aplica para la presente modificación del PMA del Bloque Cubarral	Información Complementaria
Programas de Seguimiento	Ficha	Ficha del PMA a la cual hace Seguimiento		
7.2 MEDIO BIÓTICO	8.2.2 Ecosistemas estratégicos áreas sensibles y áreas naturales protegidas	7.2.2.1 Programa de protección y conservación de hábitats, ecosistemas estratégicos y áreas protegidas	SI	Se mantiene la ficha como fue aprobada mediante la Resolución 293 de 2016
	8.2.3 Recursos hidrobiológicos	7.2.4.1 Manejo del recurso hidrobiológico	SI	Se actualizó la información de indicadores de seguimiento y monitoreo e información complementaria sobre cuerpos de agua aledaños a la línea de transmisión eléctrica de 115 kV
	8.2.4 Programas de revegetalización y/o reforestación	7.2.3.1 Revegetalización y/o reforestación de áreas intervenidas	SI	Se actualizó la información relacionada con indicadores y medidas complementarias para flora epífita
7.3. MEDIO SOCIOECONÓMICO	8.3.1 Programa de Seguimiento y monitoreo para el manejo de los impactos sociales del proyecto	7.3.1.1 Proyecto de Información y comunicación	SI	Se mantiene la ficha como fue aprobada mediante la Resolución 293 de 2016
		7.3.1.2 Proyecto de capacitación a pobladores del área del proyecto		
	8.3.2 Programa de monitoreo y seguimiento a la efectividad de los programas del plan de gestión social	7.3.1.3 Proyecto de Atención a inquietudes, peticiones, quejas, reclamos y solicitudes – IPQRS	SI	Se mantiene la ficha como fue aprobada mediante la Resolución 293 de 2016
		7.3.1.4 Proyecto de Participación en seguimiento Ambiental y de Infraestructura Vial		
	8.3.3 Seguimiento a indicadores de gestión y de impacto de cada uno de los programas del PMA para el medio socioeconómico	7.3.2 Programa de apoyo a la capacidad de gestión institucional	SI	Se mantiene la ficha como fue aprobada mediante la Resolución 293 de 2016
		7.3.3 Programa de atención a la infraestructura social y económica afectada		
	8.3.4 Programa de seguimiento y monitoreo de conflictos sociales generados durante las diferentes etapas del proyecto	7.3.3.1 Proyecto intervención de predios inferiores a 10 ha	SI	Se mantiene la ficha como fue aprobada mediante la Resolución 293 de 2016
		7.3.4 Programa de Reasentamiento		
8.3.5 Atención de inquietudes, solicitudes o reclamos de las comunidades	7.3.1.3 Proyecto de Atención a inquietudes, peticiones, quejas, reclamos y solicitudes – IPQRS	SI	Se mantiene la ficha como fue aprobada mediante la Resolución 293 de 2016	
8.3.6 Participación e información oportuna de las comunidades	7.3.1.1 Proyecto de Información y comunicación	SI	Se mantiene la ficha como fue aprobada mediante la Resolución 293 de 2016	
8.3.7 Seguimiento a la presión migratoria		NO	Se incluye esta ficha como parte del manejo asociado al desarrollo del Bloque Cubarral.	

*Fuente: Resolución 293 de 2016, adaptado por GEOTEC INGENIERÍA, 2022.*

## 9. PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO

El **Capítulo 9. Análisis del Riesgo**, se realizó de acuerdo con el Decreto 2157 de 2017 el cual tiene el enfoque de incluir análisis específicos de riesgo tanto en origen natural, socio-natural, tecnológico, entre otros, sobre la infraestructura expuesta y aquellos que se deriven de los daños de a la misma. Se divide en tres partes: Conocimiento del riesgo, Reducción del Riesgo y Manejo del Desastre.

En el conocimiento del riesgo, se encuentra el contexto interno y externo del Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación del Plan de Manejo Ambiental (PMA) BLOQUE CUBARRAL - Campos Castilla Y Chichimene, en donde se identificó los elementos expuestos, las amenazas naturales, antrópicas y operacionales durante las etapas: Transversales, Constructiva, Operativa y Desmantelamiento, Abandono y Recuperación Ambiental.

Se establecieron 35 escenarios de los cuales 8 están asociados a amenazas Exógenas (4 amenazas naturales, 3 amenazas de origen antrópico y 1 amenaza de origen socio natural) y 27 amenazas Tecnológicas los cuales fueron evaluados para los elementos expuestos previamente identificados, siendo "Personas", "Ambiente", "Economía", "Cliente" y "Reputación" mediante la aplicación de la metodología semicuantitativa "Matriz de consecuencias y Probabilidad" (RAM) en donde se combina calificaciones cualitativas de consecuencias y las probabilidades/frecuencias para producir un nivel de riesgo o una calificación de riesgo; las consecuencias y probabilidades /frecuencias de falla se obtuvieron de dos procesos. el primero con información relacionada en fuentes secundarias, primarias del proyecto e industria petrolera y taller de riesgos realizado el 5/10/2022, 10/10/2022 y 13/10/2022 y la segunda del Estudio de Conocimiento de Riesgo de la Gerencia Castilla (2021) y Gerencia Chichimene (2020), con el cual se delimito el área de afectación directa por sucesos de radiación y sobrepresión en la etapa de operación. Posterior a dicho análisis se realizó una valoración del "Perfil del Riesgo" para determinar la aceptabilidad o no de los escenarios evaluados, teniendo tres clasificaciones: ACEPTABLE, TOLERABLE E INACEPTABLE.

Los resultados más relevantes en temas de análisis cualitativo, a partir del cálculo de los valores de riesgo realizado para cada escenario según su frecuencia y severidad y la construcción de las matrices de Nivel de Riesgo y Perfil del Riesgo para cada uno de los factores de Vulnerabilidad. Se centra en la identificación de 20 escenarios con clasificación de perfil de riesgo INACEPTABLES y TOLERABLE a los cuales se les planteo medias de reducción específicas (ver Capítulo 9/ Numeral 9.3.4).

Entre los riesgos con perfil de INACEPTABLES y TOLERABLES se encuentra:

- E01 Movimiento sísmico, es una amenaza de origen natural que dependiendo de su magnitud y cercanía puede afectar la infraestructura del proyecto y ser iniciador de otros sucesos como caída de material, objetos pesados, caída de alturas entre otros.
- E03\_2 (Línea de transición entre T42-44; T51; T53-T54 y T56) Remoción en masa, por problemas de socavación en los cruces fluviales, siendo una situación que se debe estar monitoreando en función de identificar oportunamente cualquier daño a las bases de las torres eléctricas
- E04 Afectación por caída del rayo, este escenario es crítico para las actividades de trabajo en alturas especialmente para la construcción y mantenimiento de la línea de transmisión energética, por ello se debe contemplar recomendaciones, y herramientas del sistema integrado de pararrayos.
- E05 Incendio Forestal: los incendios forestales son eventos de origen socio natural, ya que la frecuencia más alta de presencia de dichos eventos es por origen humano, I. En el área de influencia esta amenaza se considera alta en la mayor área del territorio, asociado al tipo de cobertura presente. Para que se genere un incendio se debe presentar tres elementos: oxígeno, comburente (combustible) y la fuente de ignición

(llama, chispa o calor). Es importante tener en cuenta que, aunque no se almacene sustancias químicas inflamables, si se va a presentar trabajos en caliente como la soldadura, por lo que importante hacer seguimiento a los controles y recomendaciones internas.

- E06 Atentados/ Sabotaje (Actos terroristas o delincuenciales): asociado a los eventos históricos dentro del campo Chichimene, ocurridos en 2016 y 2018 en donde personas encapuchadas atacaron la infraestructura de los pozos de producción, afectaron el ingreso e integridad de personas de operación y de cuerpos de socorro, causando un parado de la operación, lo que atribuyó a pérdidas económicas por la falta de producción y generación de barriles. Adicionalmente uno de los atentados causó una pérdida de productos sobre un cuerpo de agua, causando afectación ambiental.
- E07 Extorsión: durante los eventos de atentados ocurridos en el 2016 sobre el campo Chichimene, en la vereda la Esmeralda, que causaron afectación de un cuerpo de agua, contratistas encartados de la recolección y limpieza fueron amenazados.
- E08 Protestas, paros o bloqueos: tras despidos ocurridos en el campo Chichimene en el 2016, por la compra de tecnologías más eficientes, originó una asonada de la comunidad aledaña y extrabajadores/ contratistas del campo, generando afectación en personas e impidieron el acceso a las instalaciones. Situación que también afectó la producción normal de barriles día. En temas reputacionales, se vio afectado el tema de seguridad del campo para los trabajadores, sin embargo, es importante aclarar que el tema de seguridad pública es responsabilidad de las fuerzas públicas del estado.
- E09 Incidentes con vehículos en el transporte de equipos, personal y maquinaria. Los Incidentes con vehículos en el transporte de equipos, personal y maquinaria presenta una máxima severidad que puede ocurrir en el caso que se genere atropellamiento y vuelco que se puede generar por Vehículos desgastados, Planes de mantenimiento inadecuados, Vehículos inadecuados para el terreno, Fatiga de los operadores y Terreno inestable o en malas condiciones por falta de mantenimiento.
- E12 Lesiones Ocupacionales, se pueden originar a lo largo del proyecto, es de alta frecuencia de ocurrencia pero de baja consecuencia, esto alineado a manejo de posturas, cargas, agotamiento, prácticas inadecuadas entre otros, por lo que es importante reforzar el programa de seguridad y salud en el trabajo.
- E15 Rotura y/o latigazo en los equipos y/o materiales que componen el sistema: Se conoce como el daño de equipos que puede comprometer la seguridad del personal conduciendo potencialmente a lesiones o siniestros graves. Las causas más comunes son: Equipo desgastado, Programas de mantenimiento inadecuados, Uso de equipos dañados, Mal uso por el personal, Falta de mantenimiento predictivo y preventivo, Capacitación inadecuada y Rotura debido a estrés ambiental. Situación que dio como perfil de riesgo INACEPTABLE para personas por la capacidad de daño que puede causar un latigazo de una cuerda de tensión al momento de romperse durante la etapa de construcción y mantenimiento.
- E16 Atrapamiento por Desprendimiento de material, es una de las amenazas con mayor frecuencia a nivel de industria de la construcción durante la actividad de excavación, se puede desencadenar por una serie de eventos como Evento sísmico, Pendientes prolongadas y no diseñadas, Nivel freático, Lluvias intensas, Caída de un equipo pesado dentro de la excavación, Paso de un equipo o vehículo que por su peso o vibración comprometa la estabilidad de la excavación, Hundimiento, descenso o asiento, o grietas antes de comenzar o durante los trabajos de excavación y Deterioro del talud como grietas, desprendimientos, caída de rocas que evidencien la posibilidad de derrumbamiento. Por lo que es importante hacer seguimiento a los iniciadores y controles al inicio y durante la labor para identificar oportunamente la materialización de desprendimiento de material.
- E17 y E34 Caída de Alturas: el riesgo por caída de Altura, se relaciona con las actividades de Excavación, Cortes y Rellenos y Operación de sistemas de transmisión

y suministro de energía eléctrica (línea de transmisión eléctrica) asociado trabajo en alturas como cualquier actividad que este sobre los 1.50 cm.

- E20 Ataque de animales, es un escenario identificado durante los talleres de riesgos, pues se ha presentado de forma recurrente el ataque de avispas y abejas al personal en campo. Se establecieron controles de seguridad previo a inicio de labores para reducir la frecuencia y consecuencia de las picaduras de avispas y abejas y de otros tipo de animal presente en la zona.
- E021 Rotura de la tubería por sobrepresión prueba hidrostática): las pruebas hidrostáticas son ensayos que se “realizan para verificar y revalidar la integridad estructural, resistencia, funcionamiento y hermeticidad de equipos o componentes utilizados para almacenar o transportar fluidos o sustancias peligrosas, ya sea por su composición química o su temperatura, a presiones superiores a la atmosférica. La proyección de fluido o algún objeto a alta presión, durante la prueba estaría asociado a un chorro de agua a alta presión, que tiene una importante cantidad de energía cinética capaz de generar daño severo o muerte. Una fuga de líquido a alta presión puede cortar o penetrar la piel e inyectarse en los tejidos del cuerpo. La misma gravedad reviste si saliese despedido algún objeto conectado al sistema presurizado como por ejemplo un tapón. Por lo que se consideró como riesgo INACEPTABLE para personas.
- E023 "Incendio y/o Explosión (Tratamiento, almacenamiento y entrega de fluidos (crudo, agua y gas) y Operación de facilidades de tratamiento e inyección de fluidos); E30 Incendio y/o Explosión (Piloto de Inyección de aire); E32 Incendio y/o Explosión (Generación de energía eléctrica), son amenaza que se relaciona con el grado de peligrosidad de las sustancias mensajeadas en las diferentes etapas del proyecto. Se clasificó este escenario como INACEPTABLE, pues es una situación en donde la ocurrencia de dicho evento se puede desencadenar letalidades, alta pérdidas económicos por el daño directo a la infraestructura y el daño colateral de producción.
- E34 Choque eléctrico, Amenaza, que por su alta frecuencia y severidad en personas, se clasificó como riesgo INACEPTABLE. El cual debe contar con medidas de reducción y prevención desde el inicio de la actividad. ésta amenaza se conoce como el paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo puede provocar distintas lesiones que van desde las quemaduras hasta la fibrilación ventricular y la muerte. Algunas de sus causas son las, Prácticas inadecuadas, Falta de entrenamiento y No uso correcto de EPP. Con consecuencias hacia las personas como quemaduras, lesiones menores y hasta la muerte.

En el proceso de reducción del riesgo se presentan las estrategias correctivas y prospectivas para los 35 escenarios priorizados, se plantean procesos de reducción tendientes a reducir los riesgos:

- Responsabilidades en Aspectos HSE.
- Procedimientos y Prácticas Seguras.
- Salud en el trabajo.
- Control del trabajo.
- Planeación y respuesta a emergencias.
- Programas de mantenimiento predictivo y preventivo.

En el Proceso de Manejo del Desastres se presentan las estrategias de preparación y respuesta planteadas en los Planes de Emergencia y Contingencia (PEC) de la Gerencia de Operaciones de Desarrollo y Producción Castilla (ECP, 2021) y de la Gerencia de Operaciones de Desarrollo y Producción Chichimene (ECP, 2020).

---

## **10. PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL**

Durante esta etapa del proyecto se adelantan las actividades de reconfiguración del terreno, limpieza final, control de erosión y revegetalización. Todas las actividades están dirigidas a recuperar y mejorar las condiciones ambientales de las áreas intervenidas y su área de influencia local, por lo cual, los impactos que se pueden producir sobre los componentes ambientales son de carácter positivo fundamentalmente.

- Reducción del proceso erosivo.
- Recuperación y mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del suelo.
- Recuperación de la cobertura vegetal y reiniciación de los procesos de sucesión.
- Producción de empleo y de ingresos para algunos habitantes de la región.
- Retorno a un uso potencial agrario del suelo nuevamente, pero con menor intensidad.

El abandono definitivo y restauración final de todos los sitios intervenidos dentro del área de influencia del proyecto, iniciará una vez cumplida la vida útil del proyecto en general.

## 11. PLAN DE INVERSIÓN DEL 1%

El plan de inversión de no menos del 1% se enmarca en lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, Decreto 2099 de 2016 y el Decreto 075 de 2017 y los términos definidos para la elaboración del estudio de impacto ambiental para proyectos de explotación de hidrocarburos (HI-TER-1-03, 2010). Inicialmente, se revisaron las condiciones que a nivel del proyecto determinan el cumplimiento de requerimientos establecidos en la normativa actual, asociados al uso del agua para la ejecución de actividades operativas del bloque Cubarral, a partir de fuentes naturales (superficiales o subterráneas).

Teniendo en cuenta lo anterior, no se contempla la inversión forzosa de no menos del 1%. Esto soportado en el Artículo 2 del Decreto 075 de 2017 y que modifica el parágrafo 1 del Artículo 2.2.9.3.1.3 del Decreto 1076 de 2015:

*“Artículo 2.2.9.3.1.3. De los proyectos sujetos a la inversión de no menos del 1%. Para efectos de la aplicación del presente capítulo se considera que el titular de un proyecto deberá destinar no menos del 1% del total de la inversión, cuando cumpla con la totalidad de las siguientes condiciones:*

- a) Que el agua sea tomada directamente de una fuente natural superficial o subterránea;*
- b) Que el proyecto requiera licencia ambiental;*
- c) Que el proyecto, obra o actividad involucre en cualquiera de las etapas de su ejecución el uso de agua;*
- d) Que el agua tomada se utilice en alguno de los siguientes usos: consumo humano, recreación, riego o cualquier otra actividad.*

*Parágrafo 1°. Lo dispuesto en el presente capítulo aplica igualmente en los casos de modificación de licencia ambiental, cuando dicha modificación implique el incremento en el uso de agua de una fuente natural o cambio o inclusión de nuevas fuentes hídricas. En estos eventos, la base de liquidación corresponderá a las inversiones adicionales asociadas a dicha modificación.”*

Así como lo establecido en el Artículo 4 del Decreto 075 de 2017 y que modifica el Artículo 2.2.9.3.1.15 del Decreto 1076 de 2015:

*“Artículo 2.2.9.3.1.15. CONTINUIDAD DE LOS REGÍMENES DE TRANSICIÓN. Lo dispuesto en el presente capítulo aplica en los casos de modificación de los proyectos, obras o actividades a los cuales se les haya establecido o impuesto un plan de manejo ambiental, como instrumento de manejo y control ambiental en virtud de los regímenes de transición de la reglamentación del Título VIII de la Ley 99 de 1993, siempre y cuando dicha modificación implique el incremento en el uso de agua de una fuente natural, o cambio o inclusión de nuevas fuentes hídricas. En este caso, la base de liquidación corresponderá a las inversiones adicionales asociadas a dicha modificación.*

*Parágrafo. Lo dispuesto en este artículo no aplica para aquellos proyectos sujetos a plan de manejo ambiental que se haya impuesto como instrumento de manejo y control ambiental, que se encuentren en alguna(s) de las siguientes condiciones: i) tomen el agua directamente de una red domiciliaria de acueducto operada por un prestador del servicio o su distribuidor; ii) hagan uso de aguas residuales tratadas o reutilizadas; iii) capten aguas lluvias; iv) se trate de renovaciones de los permisos de concesión de aguas.”*

El Bloque Cubarral con sus Campos Castilla y Chichimene, operan desde antes de la expedición de la Ley 99 de 1993, por lo tanto, no requiere licencia ambiental, sino que pertenecen a los proyectos del régimen de transición, que requieren la adopción de un Plan de Manejo Ambiental, y es por esto por lo que no está obligado a realizar la inversión forzosa de no menos del 1%

## 11.1 PLAN DE COMPENSACIÓN PARA EL MEDIO BIÓTICO

Teniendo en cuenta que ya se tiene un Plan de Compensación del Componente Biótico, aprobado para todo el campo, este capítulo se precisa la formulación e implementación de las medidas de compensación derivadas de los impactos causados por el cambio de uso del suelo por la actividad de construcción y operación de la línea eléctrica de 115 kV. No se consideran medidas de compensación para las otras actividades de la modificación, ya que estas no intervendrán áreas adicionales a las ya intervenidas, por lo que no tendrán efectos negativos que requieran ser compensados.

La ubicación de las facilidades de las pruebas piloto de descarbonización, aún no se tiene definidas, y lo más probable es que se construyan en áreas ya intervenidas por la industria (Plataformas existentes), sin embargo, si se llegarán a construir en otras áreas, donde se dé un cambio de uso del suelo, Ecopetrol S.A. presentará una actualización del Plan de Compensación para el Medio Biótico, definiendo de acuerdo con la información específica de las nuevas áreas; Qué Compensar, Cuánto Compensar, Donde Compensar y Cómo Compensar.

Mediante la implementación de la presente propuesta de compensación para el componente biótico, se propenderá porque los impactos residuales generados por el desarrollo de las actividades constructivas de la línea eléctrica de 115 kV, en el Bloque Cubarral encuentren un balance, buscando resarcir las afectaciones realizados sobre los ecosistemas transformados.

Las acciones complementarias a implementar tienen un enfoque de paisaje, buscando retornar la utilidad del ecosistema para la prestación de servicios ambientales diferentes a los del ecosistema original, integrándolo ecológica y paisajísticamente a su entorno.

**Tabla R-33. Alcance del plan de compensación**

<b>¿QUÉ COMPENSAR?</b>	Compensación por cambio de uso del suelo de ecosistemas diferentes a los naturales y seminaturales; para el proyecto de construcción y operación de la línea eléctrica de 115 kV en el Bloque Cubarral.	
<b>¿CUÁNTO COMPENSAR?</b>	0,295 ha.	
<b>¿DÓNDE COMPENSAR?</b>	Áreas en Biomas equivalentes a los intervenidos, en el Núcleo Piedemonte Occidente: Paisaje Acacias Alto, Paisaje Acacias Medio, Paisaje Acacias Bajo, Paisaje Guamal Alto, Paisaje Orotoy, Paisaje Humadea y Paisaje Humadeita.	
<b>¿CÓMO COMPENSAR?</b>	<b>ACCIONES</b>	Restauración (aislamiento de áreas) y/o Recuperación (reforestaciones) y Actividades complementarias (sistemas agroforestales o silvopastoriles, estufas eco-eficientes con bancos multipropósito, Sistemas de Cosecha de agua, Producción Sostenible de Abejas sin Aguijón y Sistema Fotovoltaico como Fuente de Energía Renovable).
	<b>MODOS</b>	Acuerdos voluntarios de conservación.
	<b>MECANISMOS</b>	Compensaciones directas.
	<b>FORMAS</b>	Individual
<b>TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN</b>	Cuatro años para modelos productivos más un año de asistencia técnica y 6 años para acciones de restauración.	

*Fuente: Plan de Compensación del Componente Biótico para bloque Cubarral en el núcleo Piedemonte Occidente.*