



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE
DESARROLLO LLANOS 141

PLAN DE COMPENSACIÓN DEL
MEDIO BIÓTICO
CAPÍTULO 12



CONTENIDO

	Pág.
12 PLAN DE COMPENSACIÓN DEL COMPONENTE BIÓTICO área de desarrollo llanos 141 . 1	
12.1 Descripción del proyecto que generó la obligación	1
12.1.1 Localización	1
12.1.2 Descripción de las actividades que generan la obligación	1
12.2 Identificación de impactos no evitados, mitigados o corregidos.....	2
12.3 Objetivos del Plan de Compensación	3
12.3.1 Objetivo general.....	3
12.3.2 Objetivos específicos.....	3
12.3.3 Alcance Plan de Compensación.....	3
12.3.4 Metas	4
12.4 Localización preliminar de las áreas para la implementación de las medidas de compensación.....	4
12.5 Información de las áreas ecológicamente equivalentes para compensación	8
12.5.1 Paisaje Guacavía.....	8
12.5.2 Paisaje Upín	9
12.5.3 Paisaje Caño Grande	10
12.5.4 Paisaje Ocoa	11
12.5.5 Paisaje El Brazuelo.....	12
12.6 Propuesta de las acciones de compensación	13
12.6.1 ¿Qué compensar?	14
12.6.2 ¿Cuánto compensar?	14
12.6.2.1 Área a intervenir por ecosistema.....	14
12.6.2.2 Factores de compensación	15
12.6.2.3 Área a compensar	16
12.6.3 ¿Dónde compensar?	17
12.6.4 ¿Cómo compensar?	17
12.6.4.1 Acciones	18
12.6.4.1.1 Acciones de restauración	19
12.6.4.2 Incentivos en especie	22
12.7 Definición de las acciones, modos, mecanismos y forma de implementación.....	22
12.7.1 Modos	22
12.7.2 Modelo de acuerdo de conservación.....	23
12.7.3 Mecanismos.....	23
12.7.4 Formas.....	23

12.8	Cronograma	23
12.9	Riesgo	24
12.10	Metodología, Plan Operativo y de Inversiones	25
12.10.1	Etapa Pre-Operativa – Diagnóstico	25
12.10.1.1	Criterios para seleccionar los predios y participantes	25
12.10.2	Etapa Operativa - Planeación	25
12.10.2.1	Negociación y Compra de Predios	26
12.10.2.2	Concertación y suscripción de acuerdo de Conservación	26
12.10.2.3	Diseño predial.....	26
12.10.3	Etapa Operativa - Ejecución	27
12.10.3.1	Preparación del terreno	27
12.10.3.2	Instalación cerca.....	27
12.10.3.3	Establecimiento núcleos florísticos	29
12.10.3.4	Instalación perchas artificiales	33
12.10.3.5	Construcción refugios artificiales.....	34
12.10.3.6	Establecimiento proyecto uso sostenible	34
12.10.4	Mantenimiento y Monitoreo.....	36
12.10.5	Cierre de la obligación	38
12.10.6	Plan de Inversiones.....	38
12.11	Plan de Monitoreo y Seguimiento	38
12.11.1	Objetivos del monitoreo	39
12.11.2	Indicadores.....	39
12.11.3	Indicadores ecosistémicos	40
12.11.4	Indicadores morfométricos.....	42
12.11.5	Indicadores de cumplimiento	43
12.12	Propuesta de manejo a largo plazo	45

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 12-1 Estrategias de Desarrollo Área de Desarrollo Llanos 141	1
Tabla 12-2 Identificación de los impactos de carácter negativo con significancia alta o moderada	3
Tabla 12-3 Total de impactos con valoración residual	3
Tabla 12-4 Alcance del plan de compensación	4
Tabla 12-5 Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guatiquía de Llanos 141	7
Tabla 12-6 Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guacavía de Llanos 141	8
Tabla 12-7 Infraestructura proyectada para el proyecto Llanos 141	14
Tabla 12-8 Área de intervención por tipo de infraestructura y ecosistema	15
Tabla 12-9 Factor de Compensación.....	16
Tabla 12-10 Área de Compensación	16
Tabla 12-11 Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guatiquía de Llanos 141	17
Tabla 12-12 Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guacavía de Llanos 141	17
Tabla 12-13 ¿Cómo compensar? en el Área de Desarrollo Llanos 141	18
Tabla 12-14 Cronograma*	23
Tabla 12-15 Matriz de Riesgos	24
Tabla 12-16 Etapas del proyecto	25
Tabla 12-17 Actividades siembra arboles.....	29
Tabla 12-18 Especies heliófitas	30
Tabla 12-19 Especies esciófitas	31
Tabla 12-20 Especies interés fauna	31
Tabla 12-21 Mantenimiento árboles de los núcleos florísticos	37
Tabla 12-22 Mantenimiento árboles maderables	37
Tabla 12-23 Costos del plan de compensación.....	38
Tabla 12-24 Descripción de indicadores para las áreas de rehabilitación y e incentivos	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 12-1	Ruta metodológica para la identificación de áreas para la implementación de proyectos productivos y estrategias de conservación 5
Figura 12-2	Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guatiquía de Área de Desarrollo Llanos 141 . 6
Figura 12-3	Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guacavía de Área de Desarrollo Llanos 141 . 7
Figura 12-4	Coberturas de la tierra Paisaje Guacavía..... 9
Figura 12-5	Coberturas de la tierra Paisaje Upín 10
Figura 12-6	Coberturas de la tierra Paisaje Caño Grande 11
Figura 12-7	Coberturas de la tierra Paisaje Ocoa 12
Figura 12-8	Coberturas de la tierra Paisaje El Brazuelo..... 13
Figura 12-9	Modelo de Diseño predial 27
Figura 12-10	Modelo cerramiento 28
Figura 12-11	Modelo núcleo florístico 29
Figura 12-12	Modelo percha artificial 33
Figura 12-13	Modelo sistema agroforestal 35
Figura 12-14	Aspecto sombrío provisional con plátano 35
Figura 12-15	Modelo sistema silvopastoril 36

12 PLAN DE COMPENSACIÓN DEL COMPONENTE BIÓTICO ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141

12.1 Descripción del proyecto que generó la obligación

12.1.1 Localización

El Área de Desarrollo Llanos 141 se encuentra localizado en los municipios de Cumaral y Restrepo, ubicados en el departamento del Meta, este campo hace parte del Bloque Llanos 141, el cual se ubica en la Cuenca Sedimentaria de los Llanos Orientales, en la jurisdicción de los municipios de referidos. En el capítulo 2 Descripción de proyecto del presente Estudio de Impacto Ambiental se presenta en detalle la localización del área.

12.1.2 Descripción de las actividades que generan la obligación

La implementación de estas estrategias de desarrollo y sus actividades asociadas se realizará de manera integral y en línea con las políticas y normativas ambientales y de transición energética, con el objetivo de asegurar un factor de recobro óptimo de los hidrocarburos en el Área de Desarrollo Llanos 141.

Estas estrategias y actividades se dividen en siete (7) etapas, abarcando desde la evaluación de los yacimientos hasta la producción y recuperación de los hidrocarburos, por medio de veintidós (22) estrategias de desarrollo, las cuales reúnen sesenta y cuatro (64) actividades. Cada etapa comprende diferentes actividades técnicas y operativas que garantizarán el cumplimiento de los objetivos de producción establecidos por Ecopetrol S.A.

Dentro de estas estrategias, están aquellas que implican la remoción de cobertura vegetal y por tanto generan impactos tanto al nivel de flora como de fauna. Estas estrategias se presentan en la **Tabla 12-1**.

Tabla 12-1 Estrategias de Desarrollo Área de Desarrollo Llanos 141

ESTRATEGIAS ESPECÍFICAS A DESARROLLAR	OBJETO SOLICITUD
Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes	Se solicita la inclusión de actividades de adecuación, mantenimiento y ampliación de calzada sobre vías existentes; según las necesidades y en las longitudes máximas relacionadas
Construcción de nuevas vías	Se solicita la construcción de nuevas vías según las necesidades y en las longitudes máximas relacionadas; estas vías permitirán acceder a los sectores donde se proyecte la construcción de infraestructura requerida para la operación del Área de Desarrollo Llanos 141 en sus diferentes etapas de desarrollo
Construcción de locaciones	Se solicita la construcción hasta de diez (10) nuevas locaciones al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 con un área máxima cada una de hasta 5 ha con el objeto de albergar en su interior la ubicación y perforación de nuevos pozos ya sea productores, inyectores (recobro secundario y/o disposal) y/o NFE (Near Fear Exploration)
Construcción y operación de líneas de flujo	Se solicita la construcción de nuevas líneas de flujo para el transporte de fluidos (i.e: Crudo, gas, agua de producción, agua para inyección, entre otros), las cuales tendrán hasta una longitud máxima de 30 km para tuberías con diámetros de hasta de 36" en un derecho de vía de hasta de 20 m.
Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-	Construcción de 1 CPF con un área máxima de hasta 25 ha. Este CPF tendrá una capacidad de manejo máxima de crudo total de 450000 BOPD y agua de producción 160000 BWPD.
Construcción y operación de facilidades satélite -FS-	Dentro del área que hace parte del Área de Desarrollo Llanos 141 se proyecta la construcción y operación de hasta dos (2) facilidades satélites, las cuales reúnen un conjunto de procesos, materiales, equipos y/o elementos requeridos en superficie para la separación, medición, y despacho de fluidos producidos provenientes de los pozos productores (Crudo, Gas, Agua de Producción) y cuya complejidad de operación es mucho menor que la asociada a un CPF. La capacidad será como apoyo a los CPF; en este sentido, el máximo de fluidos a tratar en conjunto entre las 2 FS será de un flujo máximo de 23000 BOPD y 80000 BWPD

ESTRATEGIAS ESPECÍFICAS A DESARROLLAR	OBJETO SOLICITUD
Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-	Se solicita un área de ZODME de hasta ocho (8 ha); esta área podrá estar distribuida hasta en dos (2) zonas (ZODME) cuya extensión en conjunto sume hasta las ocho (8 ha) a solicitar. Cabe precisar que cada locación y/u otra infraestructura contará con áreas para ZODME que serán de uso mixto (material y descapote); sin embargo, estas no hacen parte de hasta las ocho (8 ha) objeto de la solicitud.
Construcción y operación de centro de acopio	Se solicita una extensión de hasta cinco (5 ha); con el propósito de conformar un (1) centro de acopio en el que se realizará el recibo, manejo y almacenamiento temporal de lodos y/o cortes de perforación antes de ser enviados a las áreas destinadas para su disposición final, definidos por la compañía o entregados a terceros autorizados, para su manejo final.
Construcción de Instalaciones de apoyo (e.i: helipuertos, oficinas, campamentos centrales, talleres, entre otros)	Se solicita un área de hasta diez (10) hectáreas para las construcción y funcionamiento de Instalaciones de apoyo que, a bodegas, campamentos, oficinas, parqueaderos, patios, sitios de almacenamiento y talleres, entre otros.
Construcción de planta solar fotovoltaica	<u>Generación solar fotovoltaica:</u> Construcción de un Parque Fotovoltaico de hasta 15 ha con una capacidad de generación de hasta 18,75 MW como infraestructura de apoyo para suplir la demanda energética del Área de Desarrollo Llanos 141 a lo largo de las diferentes etapas y operación asociada.
Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV	Construcción de líneas de distribución para niveles de tensión entre 34,5 kV y 115 kV, las cuales discurrirán dentro de un derecho de vía hasta de 20 m de ancho
Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE-	Centro de Distribución de Potencia - CDP- para el recibo y entrega de potencia a 115 / 34,5 kV. Centro de Maniobra -CM- para el recibo y entrega de potencia a 115 / 34,5 kV. El CM permitirá la alimentación e interconexión en anillos de la infraestructura de campo.
Construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación	Se solicita la entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A., creando sinergias que permitan la optimización de procesos o donde se pueda contar con un tercero autorizado para la recolección, transporte y disposición final. Los procesos a realizar son: 1. Entregar a terceros autorizados. 2. Entregar a campos operados por Ecopetrol que cuenten con tecnologías de manejo y gestión de cortes.
Construcción, operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación	Implementar estrategias de secado de cortes como son: secador de llama directa, secador vertical, secador de vacío u otras tecnologías que surjan posteriormente y que mejoren eficiencia con un manejo sostenible de los cortes. Esto incluye el tratamiento de cortes de perforación base agua, y la Implementación de secadores de cortes para su posterior aprovechamiento en obras civiles y/o de perforación. Las actividades y equipos necesarios para la ejecución de esta estrategia se localizarán dentro de las áreas destinadas para el centro de acopio y se llevarán a cabo en función de los avances y necesidades del proyecto.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

12.2 Identificación de impactos no evitados, mitigados o corregidos

La residualidad se refiere a los efectos negativos persistentes en un ecosistema o comunidad después de aplicar medidas de control y manejo. Estos efectos no permiten que el ecosistema o comunidad regrese a su condición original.

En la evaluación de los impactos residuales del medio biótico, se toman en cuenta los impactos negativos, especialmente aquellos que tienen una mayor significancia (alta y moderada). A través de ellos, se determina la proporción de recuperación que se logra al aplicar las medidas de control y manejo establecidas en el Plan de Manejo Ambiental. La recuperación se basa en los tiempos requeridos y la eficacia esperada de estas medidas. La evaluación de la recuperabilidad se determina por los tiempos empleados en el proceso de recuperación y la efectividad que se espera de las medidas de manejo propuestas, como se puede observar en el **5_Evaluación ambiental, 5.1_Evaluación ambiental, Matriz de Residualidad _V1- Llanos 141.**

Para el escenario con proyecto se identificaron 25 impactos de carácter negativo destacando 8 impactos para el componente biótico como se muestra en la **Tabla 12-2** con significancia ambiental alta y media.

Tabla 12-2 Identificación de los impactos de carácter negativo con significancia alta o moderada

MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL
BIÓTICO	ECOSISTEMAS TERRESTRES	Ecosistema	Cambio en el hábitat de las especies de flora y fauna
		Cobertura	Alteración de la cobertura vegetal
		Flora	Cambio en la composición de las especies de flora
			Cambio en la estructura de las especies de flora
		Fauna	Cambio en la composición de las especies de fauna
			Cambio en la conectividad ecológica potencial de fauna

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

Luego de realizar el análisis de residualidad se identificaron un total de se obtiene un total de 91 interacciones, 26 impactos negativos con significancia alta y 65 con significancia media con relación a las actividades propias del proyecto que se distribuyen en los medios abiótico, biótico y socioeconómico haciendo énfasis en 22 interacciones asociadas a significancias negativas altas y medias del medio biótico, como se muestra en la **Tabla 12-3**

Tabla 12-3 Total de impactos con valoración residual

Medio	Interacciones de impactos
Biótico	22
Total	91

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

12.3 Objetivos del Plan de Compensación

12.3.1 Objetivo general

Compensar los impactos que no pudieron ser prevenidos, evitados, o mitigados a razón de las obras y actividades a realizar por el proyecto en el Área de Desarrollo de Llanos 141.

12.3.2 Objetivos específicos

- Rehabilitar los ecosistemas riparios, a través de las acciones previstas para tal fin.
- Mejorar la conectividad entre fragmentos boscosos, que mejoren la protección, regulación, amortiguación y control del flujo hídrico; así como la retención de sedimentos que ingresan a las quebradas.
- Manejar los tensionantes que dificulten la sucesión asistida en las áreas que serán rehabilitadas y de este modo acelerar la sucesión secundaria que permitan una mayor integración de la biodiversidad en etapas más tempranas, mediante arado del suelo, aislamiento del área rehabilitada, construcción de drenajes y delimitación de ronda hídrica.

12.3.3 Alcance Plan de Compensación

Mediante la implementación de la presente propuesta de compensación para el componente biótico, se propenderá porque los impactos residuales generados por las estrategias de desarrollo definidas en Área de Desarrollo Llanos 141 encuentren un balance, buscando resarcir las afectaciones realizadas sobre los ecosistemas naturales y transformados, de manera que se puedan compensar de manera efectiva las 216 ha proyectadas para intervención. .

Las acciones para implementar tienen un enfoque de paisaje, buscando que los espacios de conservación permitan recuperar zonas deterioradas y generar corredores de mosaicos de ecosistemas naturales o seminaturales excluidos de forma voluntaria de la agricultura. En la **Tabla 12-4** se resume el alcance de la compensación, frente al ¿Qué, ¿cuánto, ¿dónde y cómo compensar?

Tabla 12-4 Alcance del plan de compensación

¿QUÉ COMPENSAR?		Posible afectación con impactos residuales en 216 hectáreas, de las cuales 1,98 ha corresponden a ecosistemas naturales y 214,02 hectáreas corresponden a ecosistemas transformados al interior del Área de desarrollo Llanos 141.
¿CUÁNTO COMPENSAR?		227,57 hectáreas, de las cuales 13,54 hectáreas corresponden a compensación por afectación ecosistemas naturales y 214,02 Hectáreas corresponden a compensación por afectación de ecosistemas transformados.
¿DÓNDE COMPENSAR?		Paisajes Núcleo Piedemonte Norte
¿CÓMO COMPENSAR?	ACCIONES	Rehabilitación ecológica activa por ecosistemas naturales
	MODOS	Acuerdos de conservación,
	MECANISMOS	Directas por parte de Ecopetrol S.A.
	FORMAS	Individual

**Estas áreas corresponden a proyecciones porque aún no se tienen los diseños y ubicación de las estrategias de desarrollo. El área real a intervenir y a compensar, será reportada a la autoridad ambiental mediante los ICAs, una vez se tengan los diseños y ubicaciones.*

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

12.3.4 Metas

- Establecer la compensación adecuada del 100% de las áreas finalmente intervenidas por el proyecto, teniendo en cuenta los factores que aplican para cada ecosistema afectado.
- Regenerar la función ecológica de los ecosistemas riparios, como protectores y reguladores hídricos, controladores de la erosión, intercepción de precipitaciones, oferta de hábitat y retención de sedimentos en el 100% de las áreas programadas para compensación.
- Implementar el 100% de los sistemas agroforestales y silvopastoriles establecidos como incentivo en especie y medida complementaria a la rehabilitación.
- Eliminar el 100% de los tensionantes que dificulten la sucesión asistida en las áreas que serán rehabilitadas y de este modo acelerar los procesos sucesionales que permitan una mayor integración de la biodiversidad en etapas más tempranas.

12.4 Localización preliminar de las áreas para la implementación de las medidas de compensación

Mediante el proyecto titulado "Identificación de Áreas a Escala de Paisaje Utilizando Herramientas de Información Geográfica para la Implementación de Proyectos Productivos de Uso Sostenible en Zonas de Interés del Departamento del Meta", llevado a cabo por CORMACARENA en colaboración con ECOPETROL bajo el convenio No. 3012258, se ha elaborado un documento que reúne pautas fundamentales para la ejecución de estrategias de preservación y proyectos productivos sustentables en zonas prioritarias de tres núcleos de actividad abarcando partes de 14 municipios en el departamento del Meta.

El enfoque del documento se centra en la identificación de áreas propicias para la implementación de estrategias de conservación y proyectos productivos con un enfoque de paisaje. Estas áreas pueden ser financiadas mediante recursos provenientes tanto del sector público como del privado, en línea con obligaciones ambientales, iniciativas voluntarias de conservación y programas de corte social que promuevan el desarrollo sostenible y ayuden a mitigar los conflictos de uso del suelo presentes en algunas regiones del departamento.

La metodología empleada para determinar las áreas adecuadas para llevar a cabo acciones de conservación y proyectos productivos, en cumplimiento de las obligaciones relacionadas con compensaciones ambientales e inversión obligatoria de al menos el 1%, comienza con la creación de una línea de base. Esta línea se establece a través de la recopilación y el análisis exhaustivo de datos secundarios con el propósito de comprender diversos aspectos de las condiciones históricas y actuales del territorio, considerando los ámbitos social, productivo y ambiental (véase **Figura 12-1**). Utilizando la información cartográfica recolectada, se procede a definir las unidades de análisis, las cuales delimitan el contexto espacial de los atributos empleados para identificar las áreas pertinentes.

En esta etapa, las unidades han sido definidas como microcuencas o cuencas de tercer nivel, siguiendo las directrices establecidas en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018). Conforme a este manual, las medidas de compensación deben ser ubicadas, en orden de prioridad, dentro de la subzona hidrográfica en la cual se lleva a cabo el proyecto, obra o actividad, o en las subzonas hidrográficas adyacentes; si esto no es posible, se opta por la zona hidrográfica que se encuentre en la influencia directa del proyecto.

Figura 12-1 Ruta metodológica para la identificación de áreas para la implementación de proyectos productivos y estrategias de conservación



Fuente: (CORMACARENA, 2018)

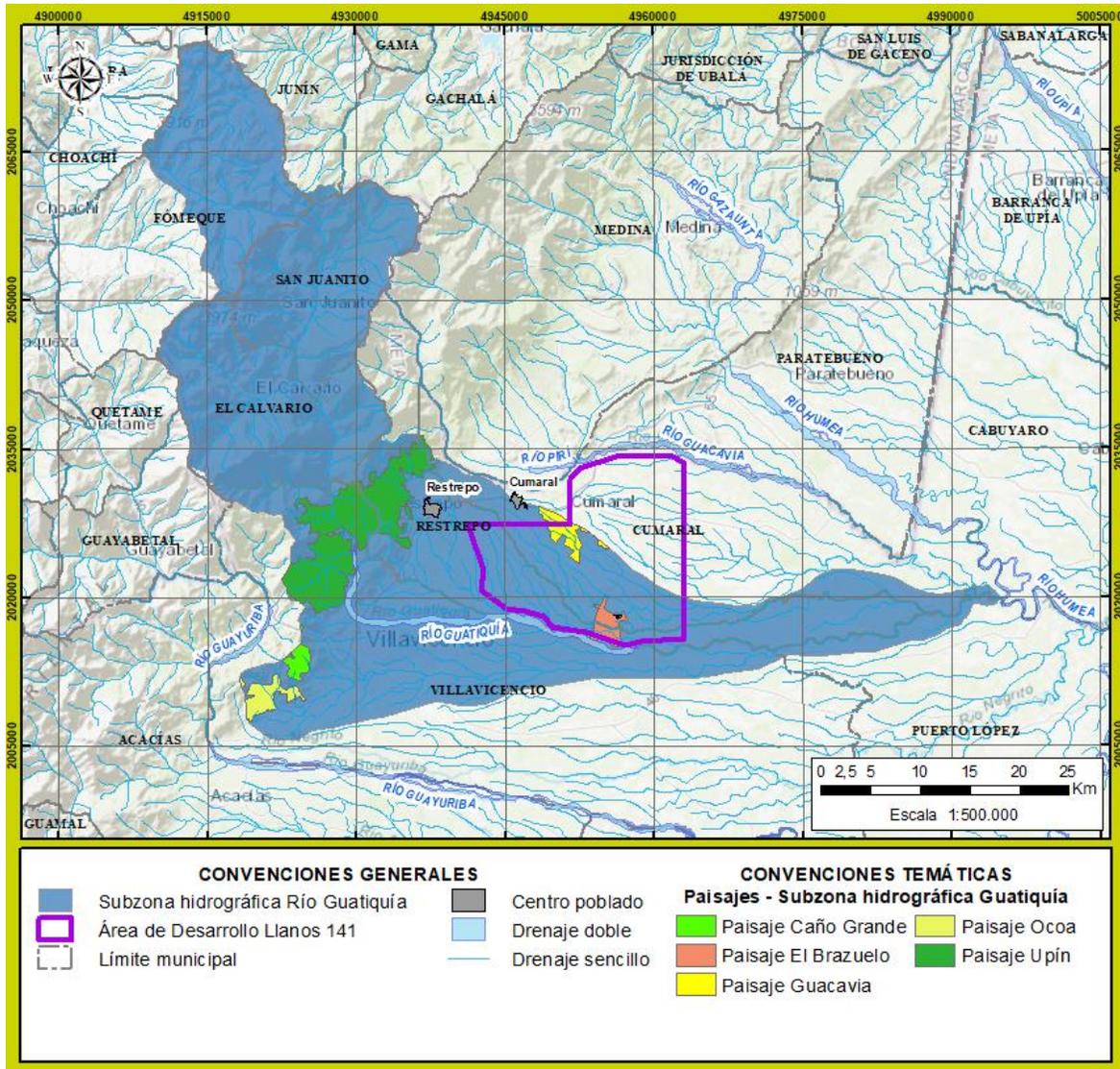
Como resultado de este proceso, se delimitaron y dieron prioridad a paisajes dentro de tres núcleos específicos: Piedemonte Norte, Piedemonte Occidente y Alto Manacacías. El proyecto Área de Desarrollo Llanos 141 se encuentra en el núcleo de Piedemonte Norte, abarcando un territorio de 71.347,53 hectáreas. Esta zona se extiende a través de los municipios de Barranca de Upía, Cumaral, Restrepo y Villavicencio.

Las áreas priorizadas en este núcleo comprenden nueve (9) paisajes ubicados en los municipios de Barranca de Upía, Restrepo, Cumaral y Villavicencio, así como la ronda hídrica de los diferentes

cuerpos de agua y otras áreas importantes para implementar acciones de conservación y proyectos productivos de uso sostenible.

Especial atención se ha prestado a las obligaciones de compensación biótica del proyecto Área de Desarrollo Llanos 141, que deben ser ejecutadas en la cuenca hidrográfica del Río Guatiquía, perteneciente a la subzona hidrográfica del Río Guatiquía, con el código 3503 y la cuenca hidrográfica del Río Guacavía, perteneciente a la subzona hidrográfica del Río Guacavía, con el código 3504. En este contexto, para el caso de la Subzona Río Guatiquía se han identificado cinco paisajes que intersectan con esta subzona, como se visualiza en la **Figura 12-2**. Estos paisajes ocupan las extensiones detalladas en la **Tabla 12-5**, abarcando un total de 13760,50 hectáreas. Finalmente, para la Subzona Río Guacavía como se visualiza en la **Figura 12-3** se identificaron 2 paisajes que abarcan un total de 4104.80 hectáreas detalladas en la **Tabla 12-6**

Figura 12-2 Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guatiquía de Área de Desarrollo Llanos 141



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 12-6 Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guacavía de Llanos 141

RÍO GUACAVÍA	
PAISAJE	ÁREA (HA)
Guacavía	3610,24
Upín	494,55
TOTAL	4104,80

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

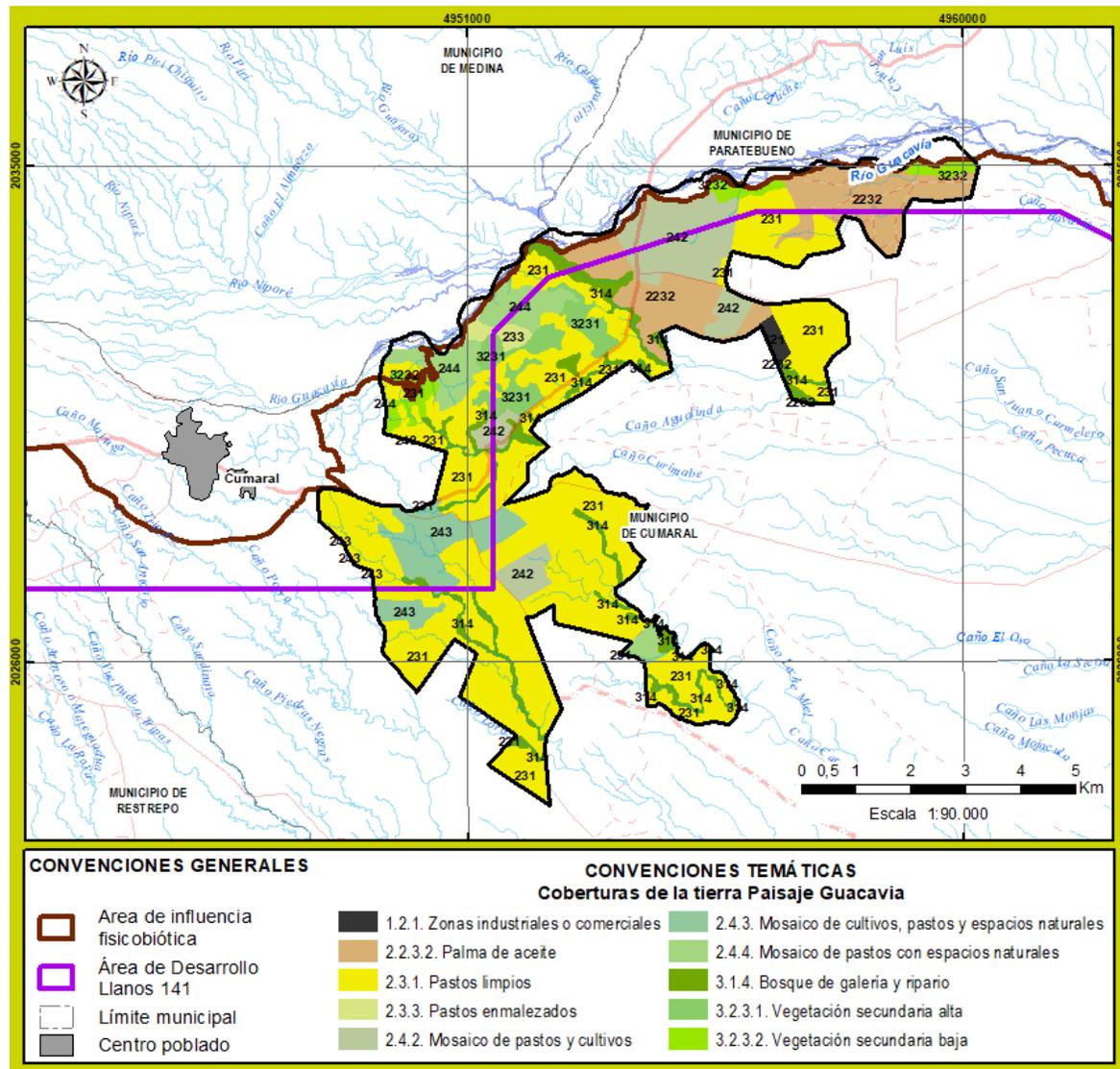
12.5 Información de las áreas ecológicamente equivalentes para compensación

Como parte del proyecto “Identificación de áreas a escala de paisaje con herramientas de información geográfica para la implementación de proyectos productivos de uso sostenible en áreas de interés del departamento del Meta” desarrollado por CORMACARENA en el marco del convenio de colaboración No. 3012258 suscrito con ECOPETROL, se elaboró la caracterización, cuyos resultados se presentan a continuación para los paisajes identificados.

12.5.1 Paisaje Guacavía

Ubicado en el municipio de Cumaral, con una extensión aproximada de 3.781,11 ha, comprende parte de las veredas Chepero, El Palmar, Venturosa, Yari y de la Inspección Presentado. Este paisaje hace parte de la subzona hidrográfica del río Guatiquía y Guacavía y la zona hidrográfica del río Meta. Los ecosistemas más representativos en este paisaje son el agroecosistema ganadero y el bosque medio denso muy húmedo a húmedo. Entre los principales cuerpos de agua sobresalen son el río Guacavía y los caños Bavaria, la Atascosa, Loro, Mayuga y Peluca. Hacia la parte alta de este paisaje, las amenazas naturales se relacionan con avenidas torrenciales y fenómenos naturales de inundación, avenidas torrenciales y remoción en masa son bajas. Por categoría de priorización se registran las siguientes áreas: Media: 863,80 ha; Alta: 1.071,04 ha y Muy Alta: 1.237,18 ha **Figura 12-4.**

Figura 12-4 Coberturas de la tierra Paisaje Guacavía

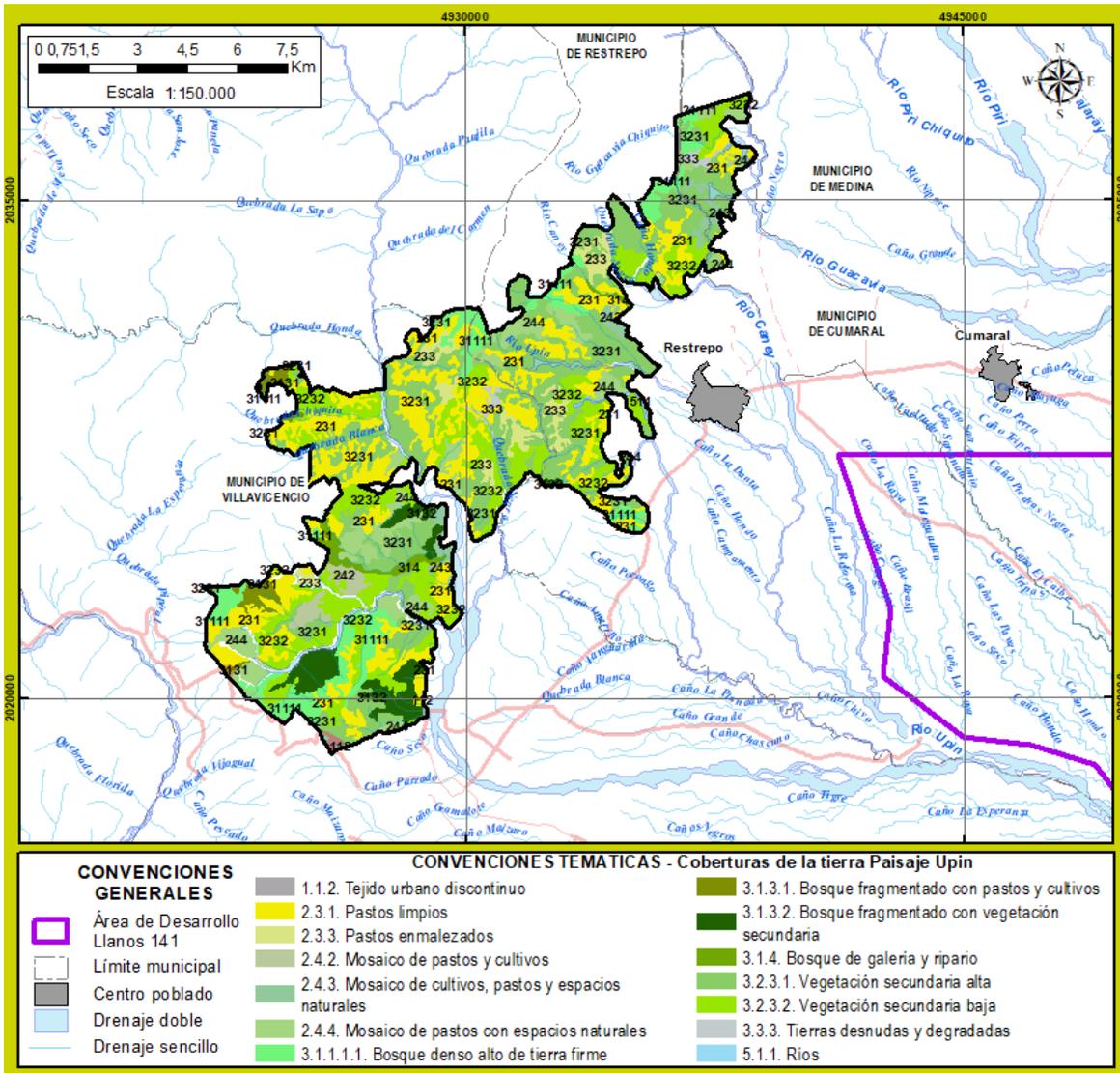


Fuente: (CORMACARENA, 2018)

12.5.2 Paisaje Upín

Ubicado en los municipios de Restrepo y Villavicencio, con una extensión aproximada de 10.570,46 ha, sobre la región del piedemonte de la cordillera Oriental, comprende parte de las veredas Los Medios, Marayal, Miralindo, Salinas, San Isidro, Santa Lucía, San Joaquín Alto y San Joaquín Bajo, de Restrepo, y La Libertad, Lourdes, Palmichal, Pipiral, Puente Abadía, Quebrada Honda, San Cristóbal, San José Alto, Santa Helena Alta, Santa María Alta, Santa María Baja, Santa Teresa y Servita, de Villavicencio. Este paisaje hace parte de cuenca del río Guatiquía, en la subzona hidrográfica del río Guatiquía y la subzona del Río Guacavía, en la zona hidrográfica del río Meta. En la **Figura 12-5** se muestran los mapas de la estructura ecológica principal y las coberturas del suelo entre las cuales sobresalen los pastos limpios, mosaico de cultivos, vegetaciones en transición y bosques de galería. Entre los principales cuerpos de agua se encuentran una importante red de afluentes de los ríos Caney, Upín y Guatiquía. Por categoría de priorización se registran las siguientes áreas: Media: 817,85 ha; Alta: 3309,58 ha y Muy Alta: 6230,13 ha

Figura 12-5 Coberturas de la tierra Paisaje Upín



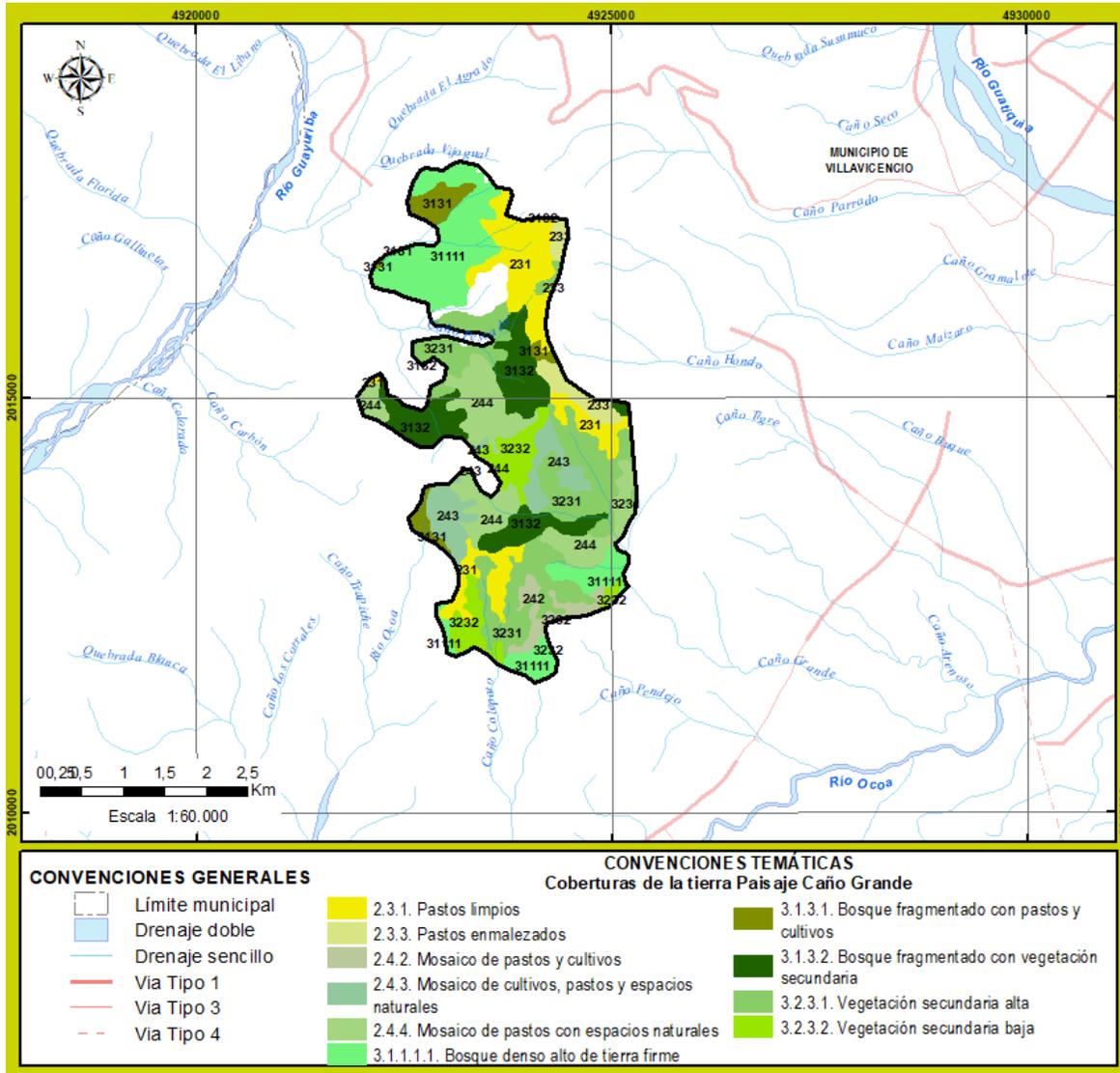
Fuente: (CORMACARENA, 2018)

12.5.3 Paisaje Caño Grande

Ubicado en el municipio de Villavicencio, con una extensión aproximada de 1126 ha, comprende parte de las veredas Buena Vista, Buenos Aires Alto, El Carmen y Samaria. Este paisaje hace parte de la cuenca del río Guatiquía, en la subzona hidrográfica del río Guatiquía y la zona hidrográfica del río Meta. En términos de coberturas se caracteriza por la dominancia de bosque fragmentado con vegetación secundaria, el mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos y la vegetación secundaria baja. Según el último mapa nacional de frontera agrícola (UPRA, 2018), en este paisaje no hay espacio para el desarrollo de actividades agropecuarias, por lo cual los esfuerzos productivos deben enfocarse en proyectos orientados al ecoturismo, apicultura y bancos dendroenergéticos, como estrategias complementarias a las acciones de preservación y restauración. Los principales cuerpos de agua son el río Ocoa, los caños Grande, Pescado y Calepato, y la quebrada Aguas

Claros. Por categoría de priorización, se registran las siguientes áreas: Media: 116,94 ha; Alta: 234,85 ha y Muy Alta: 762,45 ha **Figura 12-6**.

Figura 12-6 Coberturas de la tierra Paisaje Caño Grande



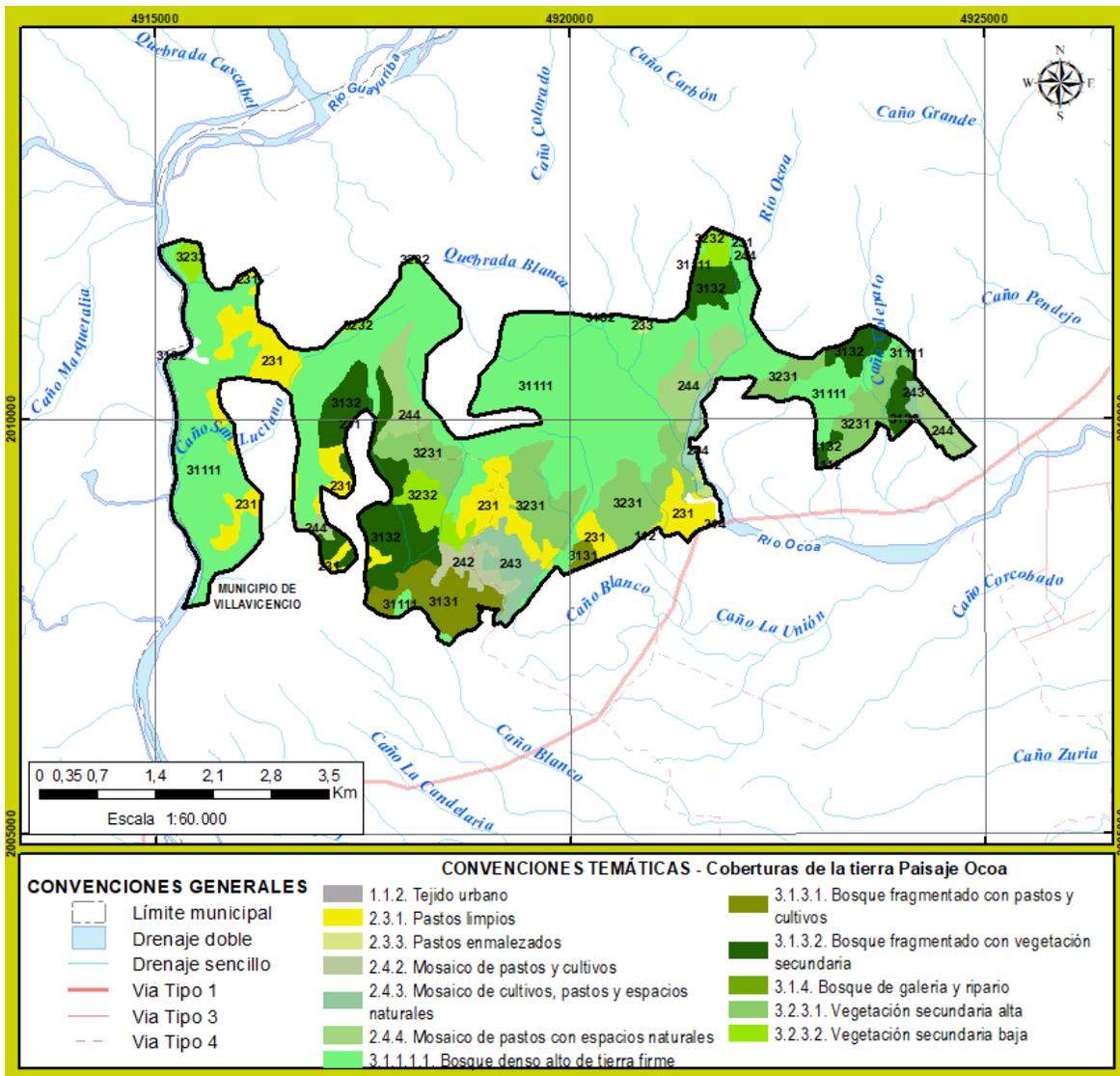
Fuente: (CORMACARENA, 2018)

12.5.4 Paisaje Ocoa

Ubicado en el municipio de Villavicencio, con una extensión aproximada de 2.141,30 ha, comprende parte de las veredas Cometal, La Cumbre, La Unión, Samaria, San Juan de Ocoa y San Luis de Ocoa. Este paisaje hace parte de la cuenca alta del río Guatiquía, en la subzona hidrográfica del río Guatiquía y la zona hidrográfica del río Meta. En la **Figura 12-7** se muestra el mapa de las coberturas del suelo entre las cuales sobresalen el bosque fragmentado con vegetación secundaria, el bosque fragmentado con pastos y el mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos. Los ríos Ocoa y Guayuriba, los caños Blanco, Calepato, Los Corrales, San Luciano y Trapiche, y las quebradas Blanca y Ocoa, se cuentan como los principales cuerpos de agua. Según el último mapa nacional de frontera agrícola (UPRA, 2018), en este paisaje sólo cerca del 9% del territorio presenta condiciones

aptas para el desarrollo de actividades agropecuarias, por lo cual los esfuerzos productivos deben enfocarse en proyectos orientados al ecoturismo, apicultura y bancos dendroenergéticos, como estrategias complementarias a las acciones de preservación y restauración. Por categoría de priorización, se registran las siguientes áreas Media: 93,21 ha; Alta: 580,516 ha y Muy Alta: 1.457,23 ha.

Figura 12-7 Coberturas de la tierra Paisaje Ocoa



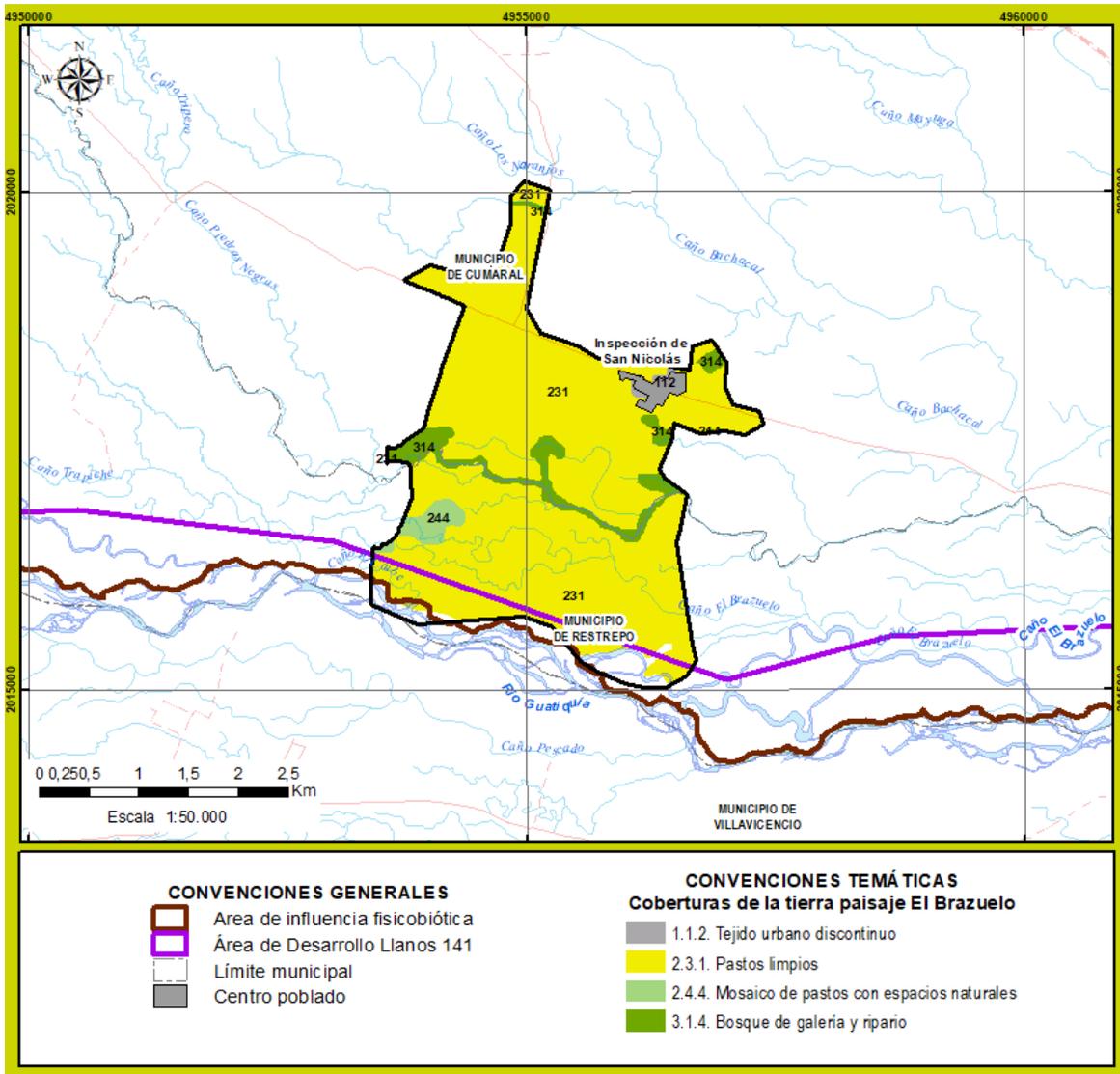
Fuente: (CORMACARENA, 2018)

12.5.5 Paisaje El Brazuelo

Ubicado sobre la región del piedemonte de la cordillera Oriental, con una extensión aproximada de 968,28 ha, comprende parte de la vereda El Palmar y la Inspección San Nicolás en el municipio de Cumaral, y de la vereda Vega Grande en el municipio de Restrepo. Este paisaje hace parte de la cuenca del río Guatiquía, en la subzona hidrográfica del río Guatiquía y la zona hidrográfica del río Meta. Entre las diferentes coberturas del suelo sobresalen los mosaicos de pastos y cultivos y los pastos limpios. Al observar el mapa referente a la estructura ecológica principal, Cerca del 96% de

este paisaje se cataloga como apto para el desarrollo de actividades productivas, según el último mapa nacional de frontera agrícola (UPRA, 2018). Entre los cuerpos de agua de este paisaje sobresalen los caños El Brazuelo, El Empalizado, El Caibe, El Bachacal y Quebrada Seca. Por categoría de priorización se registran las siguientes áreas: Por categoría de priorización se registran las siguientes áreas: Media: 81,42 ha; Alta: 577,28 ha y Muy Alta: 266,43 ha **Figura 12-8**.

Figura 12-8 Coberturas de la tierra Paisaje El Brazuelo



Fuente: (CORMACARENA, 2018)

12.6 Propuesta de las acciones de compensación

La propuesta de compensación se elaboró aplicando los lineamientos técnicos y el procedimiento para la asignación de compensaciones del componente biótico (fauna, flora, cobertura vegetal y contexto paisajístico), establecidas en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico actualizado mediante la Resolución 0256 de 22 de febrero de 2018.

12.6.1 ¿Qué compensar?

Con base en el **Capítulo 3. Descripción del proyecto**, en la **Tabla 12-9** se presenta la infraestructura proyectada para el Área de desarrollo Llanos 141 y el cálculo máximo de áreas a intervenir para cada una de las intervenciones de tipo poligonal, observando un total de 216 ha, es importante resaltar que no toda esta área de intervenir se registra sobre ecosistemas naturales y seminaturales y solo una parte marginal del área total se encuentra dentro de este tipo de ecosistemas, pues una parte de esta área se encuentra dentro de áreas con otros grados de transformación como pastos, mosaicos de pastos y cultivos e incluso red vial.

Tabla 12-7 Infraestructura proyectada para el proyecto Llanos 141

INSTALACIÓN	ÁREA ESTIMADA (ha)	ÁREA ESTIMADA (%)
Locaciones	50,00	23,1%
CPF	25,00	11,6%
Facilidades satélite	10,00	4,6%
Vías de acceso proyectadas localizaciones	24,00	11,1%
Líneas de flujo propuestas	60,00	27,8%
Zonas de disposición de materiales sobrantes de Excavación (ZODME)	8,00	3,7%
Centro de Acopio	5,00	2,3%
Instalaciones de apoyo	10,00	4,6%
Generación de energía eléctrica	15,00	6,9%
Centros de Maniobra, Distribución y/o Subestaciones Eléctricas	9,00	4,2%
TOTAL	216,00	100,0%

Fuente: Antea Group Colombia S.A.S, 2023.

12.6.2 ¿Cuánto compensar?

Para calcular el área a compensar, se identificó en primer lugar la extensión del área impactada por cada tipo de ecosistema, en segundo lugar, el factor de compensación en el listado nacional de factores y en tercer y último lugar se multiplicó el valor del área impactada por el factor de compensación.

12.6.2.1 Área a intervenir por ecosistema

Considerando que aún no se conoce con exactitud las coordenadas donde se ubicaran las estrategias de desarrollo, no se puede determinar la distribución final por ecosistema de las áreas a intervenir por cada una de las estrategias planteadas.

No obstante, su ubicación se proyecta de acuerdo con la zonificación de manejo del proyecto, por tanto, se identificaron los ecosistemas susceptibles a ser intervenidos por tipo de actividad, para lo cual, se determinó que los ecosistemas naturales boscosos, solamente podrían ser intervenidos con las estrategias de tipo lineal (vías, líneas de flujo, líneas eléctricas), en los sitios donde se solicita ocupación de cauce.

Adicionalmente, se realizó el ejercicio en el entendido en que la infraestructura puntual se establecerá sobre coberturas antropizadas, ya sea de pastos limpios, arbolados o enmalezados, e incluso sobre otras coberturas como mosaico de pastos y cultivos o incluso sobre palma de aceite.

A continuación, en la **Tabla 12-8** se presentan los valores calculados para la intervención para cada una de las actividades a realizar, la cual asciende a 216 hectáreas. Estas se encuentran discriminadas por cada uno de los ecosistemas naturales y seminaturales a intervenir (Bosque de galería y ripario, Vegetación secundaria alta y Vegetación secundaria baja). Adicionalmente, se discrimina la intervención en áreas de ecosistemas antropizados como pastos arbolados, limpios y enmalezados. Los otros ecosistemas antropizados a intervenir (mosaicos, red vial y palma de aceite

entre otros) fueron agrupados bajo la denominación de otros ecosistemas antrópicos y representan menos del 10% del área proyectada a intervenir.

Tabla 12-8 Área de intervención por tipo de infraestructura y ecosistema

Tipo Infraestructura	Código	Coberturas	Ecosistema	Área total (ha)
Locaciones	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	40
	N/A	Otras coberturas antrópicas	Otros ecosistemas antrópicos	10
CPF	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	25
Facilidades	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	10
Vías de acceso proyectadas localizaciones	314	Bosque de galería y ripario	Bosque de galería y ripario del Helobioma Villavicencio	0,19
	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0,47
	232	Pastos arbolados	Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	22,93
	N/A	Otras coberturas antrópicas	Otros ecosistemas antrópicos	0,41
líneas de flujo propuestas	314	Bosque de galería y ripario	Bosque de galería y ripario del Helobioma Villavicencio	1,67
	3231	Vegetación secundaria alta	Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0,01
	3232	Vegetación secundaria baja	Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0,11
	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0,45
	232	Pastos arbolados	Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	53,62
	N/A	Otras coberturas antrópicas	Ecosistemas antrópicos	4,14
Zonas disposición materiales de Excavación (ZODME)	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	8
Centro de Acopio	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	5
Instalaciones de apoyo	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	10
Generación de energía eléctrica	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	15
Centros de Maniobra, Distribución y/o Subestaciones Eléctricas	231	Pastos limpios	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	9
Total				216

Fuente: Antea Group Colombia S.A.S, 2023.

12.6.2.2 Factores de compensación

Para definir el factor de compensación por cada Bioma Unidad Biótica a intervenir se utilizaron los factores establecidos por el manual, contenidos en el listado nacional de factores de compensación, actualizados mediante la Resolución No. 1428 del 31 de julio de 2018, los cuales se presentan en la **Tabla 12-9**.

Tabla 12-9 Factor de Compensación

BIOMA	REPRESENTATIVIDAD	RAREZA	REMANENCIA	TASA TRANSFORMACIÓN	FACTOR COMPENSACIÓN
Helobioma Villavicencio	2,5	1	2	1,5	7,00
Zonobioma Húmedo Tropical Villavicencio	2,5	1,5	3	1,75	8,75

Fuente: Resolución No. 1428 del 31 de julio de 2018

12.6.2.3 Área a compensar

Para realizar el cálculo del área a compensar, se debe determinar el grado de naturalidad del área a intervenir a partir del análisis de coberturas realizado en el EIA y el factor correspondiente, el cual se presenta en la **Tabla 12-10**. En este caso, la compensación se efectúa en proporción 1:1 dado que la mayoría de la intervención se realizará sobre ecosistemas antropizados ya sea correspondientes a coberturas de pastos limpios, enmalezados o arbolados, como aquellos agrupados bajo la denominación de otros ecosistemas antrópicos. De acuerdo con el cálculo realizado el área total a compensar será de 227,57 hectáreas.

Tabla 12-10 Área de Compensación

Tipo Infraestructura	Ecosistema	Área total (ha)	Factor de compensación	Área a compensar (ha)
Locaciones	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	40	1	40
	Otros ecosistemas antrópicos	10	1	10
CPF	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	25	1	25
Facilidades	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	10	1	10
Vías de acceso proyectadas localizaciones	Bosque de galería y ripario del Helobioma Villavicencio	0,19	7	1,33
	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0,47	1	0,47
	Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	22,93	1	22,93
	Otros ecosistemas antrópicos	0,41	1	0,41
líneas de flujo propuestas	Bosque de galería y ripario del Helobioma Villavicencio	1,67	7	11,69
	Vegetación secundaria alta del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0,01	4,375	0,04375
	Vegetación secundaria baja del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0,11	4,375	0,48125
	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	0,45	1	0,45
	Pastos arbolados del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	53,62	1	53,62
	Otros ecosistemas antrópicos	4,14	1	4,14
	Zonas disposición materiales de Excavación (ZODME)	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	8	1
Centro de Acopio	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	5	1	5

Tipo Infraestructura	Ecosistema	Área total (ha)	Factor de compensación	Área a compensar (ha)
Instalaciones de apoyo	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	10	1	10
Generación de energía eléctrica	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	15	1	15
Centros de Maniobra, Distribución y/o Subestaciones Eléctricas	Pastos limpios del Zonobioma húmedo tropical Villavicencio	9	1	9
Total		216		227,57

Fuente: Antea Group Colombia S.A.S, 2023.

Tal como se explicó arriba, dado que la estimación del cuanto compensar se realiza con base en las intervenciones proyectadas para el Área de Desarrollo Llanos 141, es importante resaltar que el cálculo del área a compensar se ajustará una vez se inicien las actividades aprobadas para el proyecto y a medida que se vayan realizando los impactos, lo cual se informará y reportará en los Informes de Cumplimiento Ambiental correspondientes.

12.6.3 ¿Dónde compensar?

De acuerdo con lo establecido en el numeral 12.4 *Localización preliminar de las áreas para la implementación de las medidas de compensación* del presente documento, se priorizará que la compensación se lleve a cabo al interior del núcleo de Piedemonte Norte, en aquellos polígonos que a su vez se encuentran dentro de la subzona hidrográfica del Río Guatiquía, (código 3503) y la subzona hidrográfica del Río Guacavía, (código 3504). En este contexto, para el caso de la Subzona Río Guatiquía se han identificado cinco paisajes que intersectan con esta subzona. Estos paisajes ocupan las extensiones detalladas en la Tabla 12 7, abarcando un total de 13760,5 hectáreas. Finalmente, para la Subzona Río Guacavía se identificaron 2 paisajes que abarcan un total de 4104.80 hectáreas detalladas en la Tabla 12 8

Tabla 12-11 Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guatiquía de Llanos 141

PAISAJE	ÁREA (HA)
Guacavía	1024,93
Upín	9931,26
Caño Grande	634,11
Ocoa	1201,91
El Brazuelo	968,28
TOTAL	13760,5

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 12-12 Paisajes en la Subzona Hidrográfica Guacavía de Llanos 141

RÍO GUACAVÍA	
PAISAJE	ÁREA (HA)
Guacavía	3610,24
Upín	494,55
TOTAL	4104,8

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

12.6.4 ¿Cómo compensar?

La propuesta de compensación que se utilizará en Llanos 141 corresponde a la restauración en el enfoque de rehabilitación, sumado a proyectos de uso sostenible.

Para su desarrollo, Ecopetrol establecerá acuerdos de conservación con los propietarios de los predios y ejecutará directamente las acciones de rehabilitación y de uso sostenible, agrupándola con el plan de inversión del 1 % del Área de Desarrollo Llanos 141.

12.6.4.1 Acciones

Las acciones de compensación del componente biótico se establecerán de acuerdo a tres criterios:

1. El diseño o trazado del proyecto, a partir del cual se determinan el/los Bioma Unidad Biótica en el que este se localiza, las coberturas y el grado de naturalidad de los ecosistemas en las áreas afectadas.
2. Los determinantes ambientales establecidos para el territorio por las autoridades ambientales.
3. Los tipos de acciones identificadas se encuentran en línea con el análisis territorial realizado para el dónde compensar, así como con los instrumentos de ordenamiento ambiental del territorio.
4. Los tipos de acciones propuestos se encuentran descritos en el numeral 8 del Manual de Compensaciones del Componente Biótico.

Con el fin de determinar las acciones de compensación, se realizó un análisis que permitiera seleccionar las acciones de compensación de acuerdo con los instrumentos de gestión regional consultados, y las líneas de inversión definidas por Ecopetrol.

Teniendo en cuenta lo anterior, las acciones de compensación propuestas procurarán la rehabilitación de un área ecológicamente equivalente, donde se logre generar una nueva categoría de manejo, estrategia de conservación permanente o se mejore las condiciones de la biodiversidad en áreas transformadas o sujetas a procesos de intervención. La implementación de estas acciones contribuye al desarrollo de las líneas estratégicas y los objetivos de los documentos analizados ya que:

1. Desde el enfoque de paisaje por medio del diseño e implementación de proyectos sostenibles con enfoque ecológico y social, la conservación de las zonas hidrográficas también se garantiza una participación sectorial hacia la toma de decisiones.
2. Se pueden generar un conjunto de acciones coordinadas y concertadas que orienten la recuperación y conservación de los bienes y servicios ambientales que hacen parte y se generan en los diferentes territorios rurales.
3. Permite un abordaje desde la escala local (predios seleccionados dentro del área donde se llevará a cabo la compensación) de las características biofísicas y socioeconómicas, como componentes principales para generar una propuesta de ordenamiento para la conservación de la biodiversidad en un territorio (Lozano, 2009).
4. Fomenta una nueva una estrategia para la gestión integrada de tierras, agua y recursos vivos al promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.
5. Permite el desarrollo de alianzas en sus áreas operativas con el objetivo de ejercer una menor presión sobre los ecosistemas naturales y el mantenimiento de los Servicios Ecosistémicos.

Con base en lo anterior, a continuación, se resumen las propuestas de compensación del cómo compensar (**Tabla 12-13**), para las cuales se propone un periodo de ejecución de tres años. Estas acciones se presentan a manera más detallada en el presente documento.

Tabla 12-13 ¿Cómo compensar? en el Área de Desarrollo Llanos 141

ACCIONES DE COMPENSACIÓN	MODOS	MECANISMOS	FORMA
Restauración en el enfoque de rehabilitación. Uso sostenible (como medida complementaria a la restauración).	Acuerdos de conservación,	Ejecución Directa a cargo de Ecopetrol	Individual

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2020)

Las propuestas definitivas serán definidas en la etapa inicial de implementación del plan de compensaciones, ya que dependerán de los acuerdos con las autoridades regionales.

12.6.4.1.1 Acciones de restauración

La restauración activa se puede considerar como una actividad intencional que interrumpe los procesos responsables de la degradación, disminuye las barreras bióticas y abióticas que impiden la recuperación del ecosistema, lo cual acelera los procesos de sucesión ecológica (Murcia y Guariguata 2014).

La restauración activa implica la intervención humana para garantizar el desarrollo de los procesos de recuperación y superar así las tensiones que impiden el buen desarrollo de la regeneración natural. De tal manera, se busca incrementar la diversidad florística, con la introducción de nuevas especies, el mejoramiento de la conectividad entre los fragmentos y la disminución de los tiempos de recuperación de las áreas intervenidas.

Por lo anterior, es recomendable implementar estrategias de restauración activa en aquellas áreas donde el método de restauración pasiva está asociado a un alto riesgo de fracaso y se requieren acciones inmediatas en la recuperación de los ecosistemas. Los proyectos de restauración ecológica abarcan diferentes niveles de organización, desde poblaciones de especies y comunidades hasta ecosistemas o paisajes (Ehrenfeld 2000, Lake 2001).

Para esta propuesta de compensación, se definió que la escala a trabajar es la de paisaje, considerando que la restauración a escala de paisaje implica la búsqueda de la reintegración de ecosistemas fragmentados y paisajes, más que el enfoque sobre un único ecosistema.

La determinación del enfoque de restauración se realizó mediante un análisis con base a la información contenida en el portafolio preliminar de áreas para restauración del Plan Nacional de Restauración, lo que permite definir las actividades a desarrollar para la compensación. A partir de dicho análisis fue posible determinar que se abordarán los procesos de restauración con un enfoque de rehabilitación.

Se entiende por rehabilitación, al restablecimiento de la productividad y la presencia de un grupo de especies vegetales originalmente presentes. Por razones ecológicas o económicas, el nuevo bosque puede incluir especies que no estaban originalmente presentes. Con el tiempo, la función de protección del bosque y los servicios ecológicos pueden ser restablecidos.

Se habla de rehabilitación cuando las acciones que se implementan en un ecosistema permiten incrementar el potencial del área con mayores atributos ecológicos y se restablece la productividad y sus componentes, lo que conlleva a una mayor funcionalidad del ecosistema.

En este sentido, las acciones de rehabilitación se ejecutarían mediante la técnica de nucleación, consistente en la formación de microhábitats como núcleos facilitadores para la llegada de especies animales y vegetales que, en un proceso sucesional, aumentan la probabilidad de la ocurrencia de interacciones interespecíficas (Yarranton y Morrison 1974).

El objetivo fundamental de esta técnica es la formación de microhábitats, que permitan una serie de eventos estocásticos para la regeneración natural, tales como el arribo de las especies y la formación de una red interactiva entre los organismos (Reis et ál. 2003).

La técnica de nucleación busca, que, mediante la inclusión de cualquier elemento biótico o abiótico, dinamizar la formación de nichos de regeneración o núcleos, los cuales se constituyen en facilitadores para la colonización de nuevas especies, es decir, facilitadores de la sucesión natural (Bechara et al. 2007, Reis et al. 2010).

Considerando que para las áreas grandes que se requieren restaurar, es recomendable combinar las técnicas de nucleación, lo cual permite promover todos los componentes que cada una de las técnicas favorece y así, acelerar los procesos de sucesión natural, fomentar la funcionalidad y potenciar el éxito; la propuesta se ejecutará mediante núcleos florísticos de 25 por 25 metros, acompañado de perchas artificiales para aves en las áreas instaladas sobre las áreas no cubiertas por los núcleos florísticos, adicionándole la instalación de refugios para fauna y una cerca en el perímetro del área rehabilitada. En total, se propone que, para una hectárea de rehabilitación, se establezcan cinco (5) núcleos florísticos de 25 x 25 metros, cinco (5) perchas artificiales y cinco (5) refugios.

Adicional a estas acciones, propone que, a manera de manejo de los tensionantes, se realicen análisis de suelos para determinar las necesidades de fertilización; se haga arado en la totalidad del área para descomprimir el suelo afectado por actividades pecuarias; se realice un análisis hídrico, con el fin de determinar la ronda hídrica y construir drenajes que eviten el encharcamiento del área a restaurar; y encerrando con una cerca en el perímetro del área rehabilitada con excepción del límite con el espejo de agua, para evitar el ingreso del ganado vacuno.

➤ **Metas de rehabilitación**

- Lograr el establecimiento del 100% de los núcleos florísticos propuestos, así como la totalidad de las perchas y los refugios programados.
- Realizar el 100% de los mantenimientos y monitoreos propuestos tanto a los núcleos florísticos como de las perchas y refugios que se plantea construir.
- Garantizar al menos el 85% de prendimiento de los individuos luego de los mantenimientos programados al interior de los núcleos florísticos establecidos.

➤ **Actividades generales**

A continuación, se presentan las actividades generales que conforman el diseño metodológico general para el proceso de rehabilitación, dividida en tres (3) fases:

✓ **Fase I: Planeación y caracterización:**

- Selección de predios y firma acuerdos: La primera actividad consiste en seleccionar el predio a ejecutar la rehabilitación y la firma del acuerdo de conservación.
- Análisis hidrológico: Se realizará un análisis hidrológico con el objetivo de determinar cuál es la ronda hídrica, de modo que la rehabilitación se establezca en la zona de cobertura arbórea permanente y no en la zona de macrófitas emergentes herbáceas. Así mismo, servirá para definir un diseño de drenajes que impidan el encharcamiento del área restaurada.
- Estudio de suelos: Una vez definida la zona de cobertura arbórea permanente, se realizarán calicatas en dichas zonas y se realizarán análisis de esas muestras con el objetivo de determinar las necesidades de fertilización.
- Elaboración diseño predial: A partir de la identificación de la zona de cobertura arbórea permanente y del análisis del suelo, se elaborará el diseño predial, en el cual se definirá la localización de los núcleos florísticos, las perchas artificiales, los refugios y las cercas.

✓ **Fase II: Implementación:**

- Preparación del terreno: A partir del diseño predial, se ejecutará en primer lugar el arado de la zona a rehabilitar, en segundo lugar, la construcción de los drenajes, y por último la fertilización de acuerdo con los resultados del análisis del suelo.
- Instalación cerca: Se instalará una cerca, con postes distanciados por tres (3) metros, con el objetivo de amarrar tres (3) líneas de alambre de púas, instaladas la primera a los 40 centímetros

del suelo, la segunda a 35 centímetros de la primera línea, y la tercera línea a 35 centímetros de la segunda línea. La separación entre postes será de tres (3) metros, y en las esquinas siempre debe haber un poste, sin importar que no se cumpla la distancia. Los postes tendrán un ancho de 15 centímetros y un largo de 15 centímetros, una altura de 1,5 metros desde el suelo, y estará enterradas a 70 centímetros, con excepción de los postes esquineros que estarán enterrados a un (1) metro. El relleno se realiza con el mismo material de la excavación. Se instalarán, broches en los sitios definidos para ingresar y salir al área restaurada. La cerca, se instalará en el perímetro del área rehabilitada, pero solamente en el que dé hacia tierra firme, y no el que dé hacia la zona acuática, considerando que su objetivo es evitar el ingreso de ganado.

- Establecimiento núcleos florísticos: Se establecerán cinco (5) núcleos florísticos por hectárea, con una extensión de 25 metros por 25 metros cada uno. Dichos núcleos, siempre tendrán una forma cuadrada, con un trazado de tres bolillos, para un distanciamiento entre árbol de 4 metros por 2,8 metros, obteniendo un total de 86 árboles por núcleo y de 430 por hectárea. Considerando que se recomienda una combinación de especies de los distintos grupos ecológicos por punto de siembra para facilitar las interacciones ecológicas y equilibrar la competencia, entre los 86 árboles de cada núcleo, 49 corresponderán a especies pertenecientes al gremio ecológico de heliófitas, 25 a las esciófitas y doce (12) a especies frutales.
- Instalación perchas artificiales: Sirven para que aves y murciélagos las utilicen de perchas, lo cual permite que a través de sus excretas se trasladen las semillas de los fragmentos permanentes hacia los sitios que se desean rehabilitar. Se instalarán cinco (5) perchas artificiales por cada hectárea rehabilitada, las cuales se ubicarán en las zonas sin núcleos florísticos. Cada percha estará constituida por un tronco de nueve (9) metros, el cual será enterrado a un metro de profundidad. A la altura de los seis (6) metros y en el final del tronco se instalarán ramas de dos (2) metros, las cuales formaran una cruz vista desde la parte superior, y al extremo de cada rama se instalará una (1) ramita de un (1) metro.
- Construcción de los refugios: Dado que en áreas abiertas se da una alta exposición de los animales a sus predadores, con la construcción de refugios artificiales (madrigueras) se busca ofrecer un abrigo seguro para la fauna y así aumentar la frecuencia y permanencia de visitantes en las áreas por rehabilitar (roedores, reptiles, anfibios, etc.) (Reis et ál. 2003). La tendencia es que estos animales, en corto y mediano plazo, faciliten la llegada de semillas de los fragmentos adyacentes, lo cual contribuirá a la sucesión y mejoramiento de la conectividad local. Dichos refugios, se construirán con restos de troncos, piedras y ramas. En total se construirán cinco (5) madrigueras por hectárea.

✓ **Fase III: Mantenimiento y Monitoreo:**

- Mantenimiento: Se realizará resiembra con el objetivo de gara y cercas. Anualmente, la cerca será mantenida, al igual que las perchas. Los refugios no tendrán mantenimiento para evitar ahuyentamiento de la fauna que se haya instalado.
- Monitoreo: Se medirán los indicadores propuestos para el monitoreo.

➤ **Resultados esperados**

Con la instalación de núcleos florísticos, perchas artificiales, refugios y la cerca, se espera que se acelere el proceso sucesional, de modo que se garanticen los procesos de recuperación y se superen así las tensiones que impiden el buen desarrollo de la regeneración natural.

Así mismo, se espera crear las condiciones que permitan regenerar la función que cumplen los bosques riparios como protectores y reguladores hídricos, controladores de la erosión, intercepción de precipitaciones, oferta de hábitat y retención de sedimentos.

Por último, se espera crear las condiciones para regenerar la conectividad entre fragmentos con el propósito que a futuro se formen corredores biológicos, que garanticen una red de espacios de

intercambio de energía y materia en el paisaje; y que sirvan como barrera para la protección, regulación, amortiguación y control del flujo hídrico; así como la retención de sedimentos que ingresan a los cuerpos de agua.

12.6.4.2 Incentivos en especie

Con el establecimiento de sistemas agroforestales o silvopastoriles, se busca prevenir la degradación recuperando sistemas degradados al punto que puedan preservar algunas especies y prestar servicios ecosistémicos, mediante el establecimiento de franjas forestales en una matriz de cultivos o pastos, con el fin de generar alternativas económicas a las comunidades y a su vez contribuya a la recuperación ecológica de estas zonas.

Los sistemas agroforestales o silvopastoriles estarán complementando las acciones de rehabilitación ecológica, de esta manera se potencializa la restauración ecológica del territorio mediante acciones de conservación y actividades amigables con el medio ambiente. Esto significa que los sistemas se establecerán en los mismos predios donde se adelanten las acciones de rehabilitación.

La propuesta de Ecopetrol basada en el diseño de proyectos productivos sostenibles a escala de paisaje pretende maximizar los impactos positivos (ambientales y sociales) producto de sus obligaciones.

Estas acciones son complementarias a la rehabilitación ecológica como incentivo para que las comunidades puedan recibir un ingreso relacionado con el proyecto productivo y de esta forma permitan ayudar a la reconexión para los fragmentos de ecosistemas naturales remanentes existentes en el área en la que se realizará la compensación que permitan recuperar parte de la integridad ecológica y mejorar la viabilidad de las especies de fauna y flora a partir de la incorporación de predios a la reconversión de sus sistemas productivos.

➤ Actividades generales

Dependiendo del acuerdo con los propietarios, se establecerán sistemas silvopastoriles o sistemas agroforestales.

➤ Resultados esperados

Disminución en la presión sobre los ecosistemas naturales boscosos, debido a que los recursos que anteriormente se obtenían de ecosistemas naturales, los obtendrán de las franjas forestales sembradas.

Aumento en las superficies arboladas a partir de la incorporación de sistemas productivos sostenibles (agroforestales o silvopastoriles), que permiten el mantenimiento y conservación de los servicios ecosistémicos y el mejoramiento de las condiciones de conectividad del paisaje.

12.7 Definición de las acciones, modos, mecanismos y forma de implementación

12.7.1 Modos

La compensación se realizará en la modalidad de Acuerdos de conservación, definidos como “contrato civil que incluye incentivos a la conservación y limitaciones de uso de los ecosistemas, así como sanciones y otros aspectos del derecho privado entre el obligado a compensar y el particular”. En este sentido, se firmarán acuerdos de conservación entre los propietarios, tenedores o poseedores de los predios y Ecopetrol S.A., estos acuerdos de conservación serán complementados con proyectos productivos de uso sostenible, los cuales sirven como incentivo para los propietarios,

tenedores o poseedores de los predios con el fin de mantener en el tiempo las áreas a conservar. A continuación, se presenta el modelo de acuerdos de conservación elaborado por Ecopetrol, así como también el procedimiento para la realización del diseño predial participativo.

12.7.2 Modelo de acuerdo de conservación

El modelo del acuerdo de conservación se presenta en el Anexo 11-2.

12.7.3 Mecanismos

El mecanismo de implementación y administración del plan de compensación será el de Compensaciones directas definidas como “acciones y actividades de compensación ejecutadas directamente por el usuario responsable del plan de compensación”. Esto significa que la ejecución del plan estará a cargo de Ecopetrol S.A. directamente.

12.7.4 Formas

La forma de implementación será Individual, es decir, no se agrupará con otros proyectos de compensación, ni de inversión del 1 %.

12.8 Cronograma

A continuación, se muestra el proceso de ejecución de las actividades programadas donde el establecimiento de la rehabilitación y la implementación del sistema agroforestal o silvopastoril, que con la gestión técnica, administrativa y legal se deben volver a un horizonte de 42 meses, sin embargo, el acuerdo se debe garantizar durante la vida útil del proyecto **Tabla 12-14**.

Tabla 12-14 Cronograma*

ACTIVIDAD	TIEMPO MESES																																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42							
I. PRE-OPERATIVA - DIAGNÓSTICO																																																	
Selección de predios	■	■	■																																														
II. OPERATIVA - PLANEACIÓN																																																	
Compra de predios				■	■	■	■																																										
Firma acuerdo de conservación.								■	■	■	■																																						
Estudio de suelos	■	■										■	■																																				
Elaboración diseño predial		■										■																																					
III. OPERATIVA - EJECUCIÓN																																																	
Preparación del terreno				■																																													
Instalación cerca				■	■																																												
Establecimiento núcleos florísticos				■	■																																												
Instalación Perchas artificiales				■	■																																												
Construcción Refugios artificiales				■	■																																												

ACTIVIDAD	TIEMPO MESES																																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42						
Establecimiento Incentivos en especie																																																
IV. MANTENIMIENTO Y MONITOREO																																																
Mantenimiento																																																
Monitoreo																																																
V. CIERRE DE LA OBLIGACIÓN																																																
Entrega a la autoridad																																																

*NOTA: El cronograma será ajustado de acuerdo a la variabilidad climática en que se realice el proyecto de compensación, cantidad de pozos perforados y el tiempo de trámite que establezca la autoridad ambiental para el desarrollo del proyecto
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

12.9 Riesgo

A continuación (Tabla 12-15), se describen los riesgos asociados a la implementación de la compensación, así como las medidas de planeación requeridas para el control.

Tabla 12-15 Matriz de Riesgos

DESCRIPCIÓN	TIPO DE RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTOS	EFEECTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Falta de capital por inadecuada ejecución del presupuesto y/o mal cálculo del presupuesto.	Financieros	Probable	Mayor	Posible abandono del proyecto y/o reprocesos en búsqueda del capital	Control y seguimiento del capital utilizado presupuestado y uso de herramientas presupuestales.
Institucionalidad ausente y en permanente cambio y poco motivada a trabajar en este proceso	Administrativos	Probable	Mayor	Reprocesos durante el proyecto y retrasos en el cronograma	La Institucionalidad será clave en el desarrollo del proyecto, pero las actividades centrales y metas a cumplir no dependerán en su totalidad de ellos, así que, si existieran cambios y poca motivación, el proyecto puede seguir adelante.
Inconvenientes entre las organizaciones ejecutoras	Operacionales	Probable	Mayor	Reprocesos durante el proyecto, retrasos en el cronograma y posible abandono del proyecto	Se realizarán reuniones con los actores institucionales formales y no formales que requieran concertación, para la resolución de conflictos, si fuera necesario con apoyo de terceros,
Retrasos en el cronograma de trabajo propuesto en actividades que dependan de otras instituciones para su avance	Administrativos	Probable	Moderado	Reprocesos, conflictos entre entidades, aumento del capital presupuestado.	Programación de actividades con márgenes de tiempo suficiente para poder ejecutarlas y cumplir con las metas propuestas
Comportamientos de clima extremos que no permita desarrollar estrategias en terreno por escasez de agua	Asociados a fenómenos de origen natural: atmosféricos, hidrológicos, geológicos, otros	Posible	Menor	Retrasos en el cronograma y posibles reprocesos en la siembra	Planear la contratación y gestión administrativa para que se inicien las actividades en la estacionalidad adecuada
Agudización de conflicto armado	Asociados a fenómenos de origen humano no intencionales: aglomeración de público	Posible	Mayor	Impedimento para la realización de las actividades en campo, suspensión temporal del proyecto	Concertar con Ecopetrol cambios en actividades y metas por fuerza mayor de conflicto armado en la zona. O concertar una suspensión temporal del proyecto.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

12.10 Metodología, Plan Operativo y de Inversiones

El plan de inversión del 1 %, consistente en rehabilitar bosques riparios, se realizará en 5 etapas presentadas en la **Tabla 12-16**.

Tabla 12-16 Etapas del proyecto

PRE-OPERATIVA - DIAGNÓSTICO
Procesos contractuales; definición de paisaje, conocimiento de los predios a intervenir, identificación y selección de participantes; concertación de acuerdos de conservación.
OPERATIVA - PLANEACIÓN
Definición del diseño de siembra, métodos obtención de insumos, delimitación de áreas
OPERATIVA - EJECUCIÓN
Adecuación, mecanización, fertilización, siembra y construcción de cercado. Prácticas para la maduración.
MANTENIMIENTO Y MONITOREO
Manejo adecuado del sistema, mantenimiento y asistencias técnicas
CIERRE DE LA OBLIGACIÓN
Gestión para el cierre de la obligación

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se describen las actividades que se planean realizar en cada etapa

12.10.1 Etapa Pre-Operativa – Diagnóstico

A partir de información primaria y secundaria conociendo las condiciones productivas, agroecológicas, de infraestructura, sociales, culturales entre otras, se podrá identificar y seleccionar predios como de participantes, aplicando los criterios que más adelante se describen.

Durante esta etapa es fundamental informar a la comunidad sobre la naturaleza del proyecto a través de la socialización sobre beneficios y actividades que conlleva El Plan de Compensación del Medio Biótico..

Finalmente es importante señalar que durante esta etapa se adelantan los procesos administrativos y contractuales necesarios para poder desarrollar cada uno de los aspectos metodológicos que de la Inversión.

12.10.1.1 Criterios para seleccionar los predios y participantes

Respecto a la adquisición de predios, el objetivo es comprar predios, localizados en los paisajes Guacavía, Upín, Caño Grande, Ocoa y El Brazuelo dando prioridad a las Áreas de Interés para Acueductos Municipales para adquisición de predios en “Zonas de Recarga” y en categoría “Superficial”, con la finalidad que su titularidad sea otorgada a las alcaldías municipales o a CORMACARENA.

En cuanto a los predios para acuerdos de conservación, remitirse al **Anexo 12-1** “Diagnóstico, selección de predios y participantes” donde se presenta a detalle el formulario a diligenciar y la respectiva evaluación para selección de predios y participantes, teniendo en cuenta criterios técnicos y sociales.

12.10.2 Etapa Operativa - Planeación

Teniendo los predios y participantes seleccionados se procede a realizar una línea base físico-biótica para evaluar algunas propiedades o características del suelo y de la producción agrícola, con este diagnóstico se sigue un proceso de planificación participativa, en el cual se definirá las siguientes actividades:

- Negociación y compra de predios.
- Concertación acuerdos de conservación.
- Definición, medición y delimitación del área a intervenir
- Análisis de suelos
- Diseños de siembra
- Definir las alternativas para el sostenimiento productivo durante la estructuración del sistema
- Cuantificación y consecución de semilla vegetativa o material vegetal
- Cuantificación y consecución de insumos, servicios, herramientas y mano de obra.
- Determinación de la oferta ambiental del predio (clima, suelos, entre otros)

12.10.2.1 Negociación y Compra de Predios

Durante la etapa operativa se realizarán negociaciones con los propietarios de predios con miras a su compra, a la vez que se realizarán acercamientos con las alcaldías y CORMACARENA, con la finalidad de establecer la titularidad final de los predios comprados.

12.10.2.2 Concertación y suscripción de acuerdo de Conservación

En la etapa operativa se suscribirán los acuerdos de conservación, teniendo en cuenta que estos corresponden al mecanismo seleccionado para la implementación de la compensación %, los cuales serán acordados de manera voluntaria entre el autorizado por ECOPETROL y el propietario del predio, pactando acciones de protección, recuperación, conservación y preservación del recurso hídrico, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos a cambio de una contraprestación, definida en cada una de las líneas de incentivos propuestas en el presente plan de compensación. El modelo de acuerdos de conservación a suscribir se presenta en el **Anexo 12-2**.

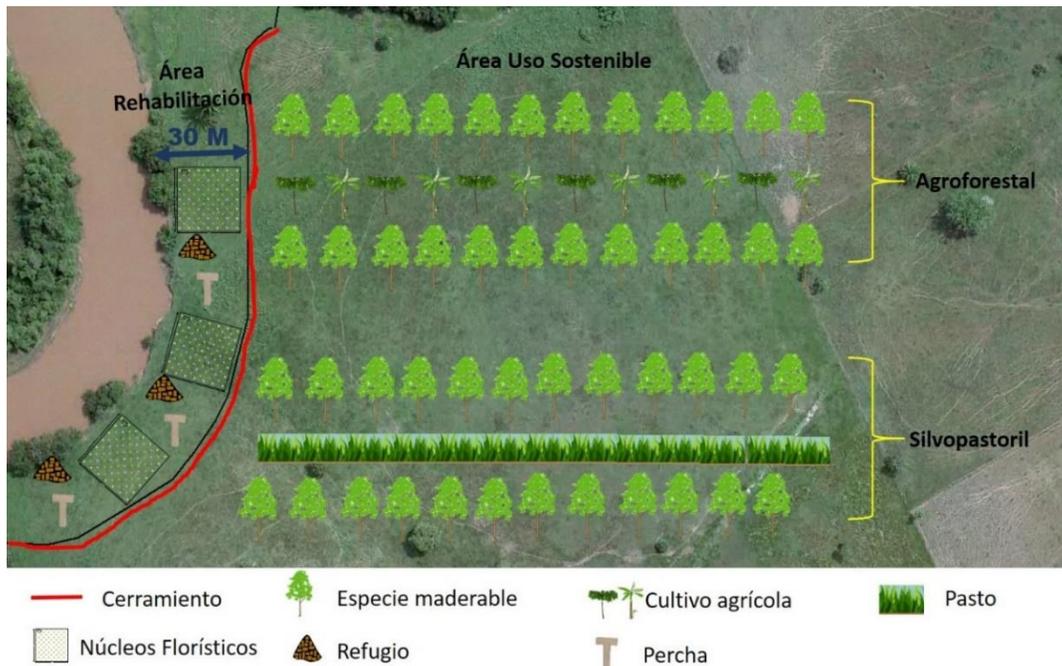
12.10.2.3 Diseño predial

En los predios seleccionados para acuerdos de conservación, con la participación de los propietarios, y a partir de las condiciones físicas, se realizará un diseño por predio del área en la cual se establecen las áreas de rehabilitación y las de uso sostenible. Como mínimo, las zonas de rehabilitación abarcarán una distancia de 30 metros contados desde el espejo de agua. A partir de esos 30 metros, se podrá desarrollar el proyecto de uso sostenible, siempre y cuando no presente ninguna restricción ambiental para realizar actividades agropecuarias

Considerando que la restauración se realizará en el enfoque de rehabilitación mediante la técnica de nucleación, en el área de restauración se distribuirían en una (1) hectárea los núcleos formados por cinco (5) perchas artificiales, cinco (5) refugios y cinco (5) núcleos florísticos, además de la cerca. En el área de uso sostenible, se establecerán dependiendo del acuerdo con el propietario, sistemas agroforestales o sistemas silvopastoriles, en el cual se establecerán líneas de árboles maderables, estableciendo entre dichas líneas cultivos agrícolas para el caso del sistema agroforestal, y de pastos en el sistema silvopastoril. En el límite entre el área de rehabilitación y el área de uso sostenible, se instalará una cerca.

En la **Figura 12-9** se presenta una propuesta para el diseño predial, zonificando cada uno de los aspectos a tener en cuenta.

Figura 12-9 Modelo de Diseño predial



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

12.10.3 Etapa Operativa - Ejecución

En esta etapa, se desarrollan todas las actividades y asesoría técnica relacionada para el establecimiento del proyecto. De las actividades que se pueden desarrollar acorde con la caracterización obtenida en la planificación está:

- Preparación del terreno
- Instalación cerca
- Establecimiento núcleos florísticos
- Instalación Perchas artificiales
- Construcción Refugios artificiales
- Establecimiento proyecto uso sostenible

12.10.3.1 Preparación del terreno

La secuencia operativa iniciará con el arado de las áreas designadas para la restauración y el uso sostenible, siguiendo el diseño predial. Posteriormente, se llevará a cabo la instalación del sistema de drenaje y, finalmente, se procederá con la fertilización conforme a los resultados obtenidos del análisis de suelo. En situaciones donde se identifiquen árboles con un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) superior a 10 centímetros, es decir, considerados como ejemplares del estrato fustal, se evitará su tala y se trabajará en su conservación, integrándolos al proceso de restauración.

12.10.3.2 Instalación cerca

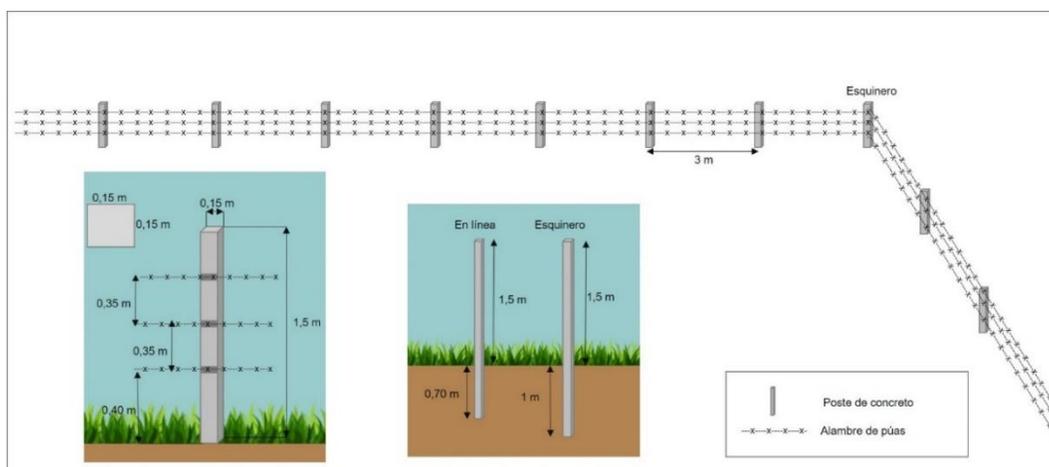
Se instalará una cerca con postes, distanciados por tres (3) metros, con el objetivo de amarrar tres (3) líneas de alambre de púas, instaladas la primera a los 40 centímetros del suelo, la segunda a 35 centímetros de la primera línea, y la tercera línea a 35 centímetros de la segunda línea.

La separación entre postes será de tres (3) metros, y en las esquinas siempre debe haber un poste, sin importar que no se cumpla la distancia. Los postes tendrán un ancho de 15 centímetros y un largo de 15 centímetros, una altura de 1,5 metros desde el suelo, y estará enterradas a 70 centímetros, con excepción de los postes esquineros que estarán enterrados a un (1) metro.

El relleno se realiza con el mismo material de la excavación. Se instalarán, broches en los sitios definidos para ingresar y salir al área restaurada. La cerca, se instalará en el perímetro del área restaurada, pero solamente en el que dé hacia tierra firme, y no el que dé hacia la zona acuática, considerando que su objetivo es evitar el ingreso de ganado.

En la **Figura 12-10** se presenta el modelo de la cerca, donde se aprecian las dimensiones de los postes, la profundidad del entierro de estos, la distancia entre las líneas de alambre de púas, la distancia entre postes y la distancia entre cada árbol.

Figura 12-10 Modelo cerramiento



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El material del poste se definirá con el propietario del predio, para lo cual se tendrán en cuenta las siguientes alternativas:

- Postes de cemento son resistentes a la pudrición en suelos húmedos y a los rayos del sol, no se ven afectados por insectos ni por el fuego, pero lo más importante es que es posible fabricarlos en la propia finca, razón que los hace muy económicos porque no incluye costo de transporte.
- Postes de madera de plantaciones tratadas a presión con inmunizantes para asegurar su duración en contacto con suelos húmedos e insectos. Este tipo de postes son estéticamente agradables a la vista y es fácil sujetar el alambre con grapas. El costo de su transporte puede ser más económico por ser los menos pesados. La desventaja es que son susceptibles a ser quemados, por lo que requieren que su mantenimiento incluya plateo y la adecuación de barreras cortafuegos.
- Postes hechos con plástico reciclado, que tienen una buena resistencia a rayos solares, pudrición e insectos, y ofrecen una solución de reciclaje importante en los rellenos sanitarios del país, donde se están acumulando graves y enormes cantidades de plásticos que no son amigables con el medio ambiente. Así mismo evita la tala de árboles.
- Postes hechos con hierro angular, normalmente disponible en ferreterías de la región. Debido a que su grosor varía entre 1 a 1,5 pulgadas, son susceptibles a inclinarse y presentan baja resistencia a presiones generadas por vacas, por lo que es necesario agregar roscas o una palada de cemento al hoyo. En suelos ácidos sufren de corrosión y estéticamente no son bonitos.

Con el objetivo que el propietario tenga claridad sobre las características de estas alternativas, además de sus ventajas y desventajas, se socializara la “Guía de postes y cercas vivas para el Vichada” elaborada por Dombro, B. y D. del Río, J. para la Corporación Ambiental La Pedregosa, en 2016, la cual se presenta en el **Anexo 12-3**.

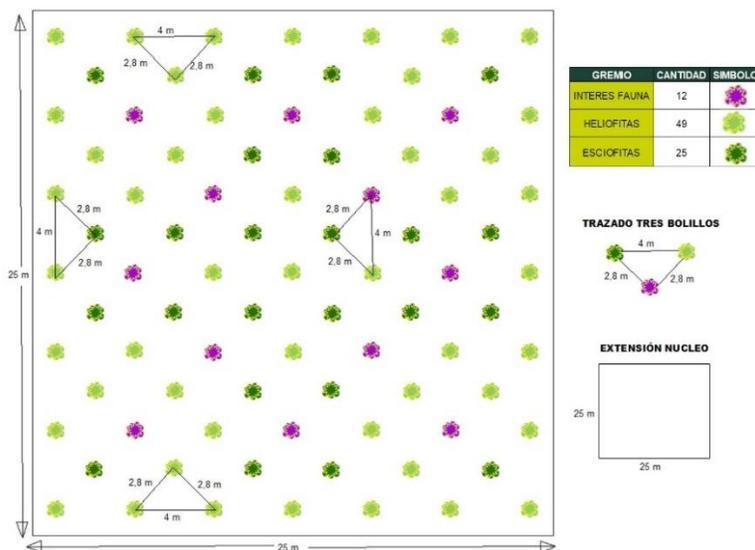
12.10.3.3 Establecimiento núcleos florísticos

Se establecerán cinco (5) núcleos florísticos por hectárea, con una extensión de 25 metros por 25 metros cada uno. Dichos núcleos, siempre tendrán una forma cuadrada, con un trazado de tres bolillos, para un distanciamiento entre árbol de 4 metros por 2,8 metros, obteniendo un total de 86 árboles por núcleo y de 430 por hectárea.

Considerando que se recomienda una combinación de especies de los distintos grupos ecológicos por punto de siembra para facilitar las interacciones ecológicas y equilibrar la competencia, entre los 86 árboles de cada núcleo, 49 corresponderán a especies pertenecientes al gremio ecológico de heliófitas, 25 a las esciofitas y doce (12) a especies de interés para atraer fauna.

En la **Figura 12-11** se presenta la distribución de árboles dependiendo del gremio al que pertenezca su especie, donde se aprecia que el perímetro está conformado por especies heliófitas, y que las esciofitas se localizaran de modo que las heliófitas les den sombra y permitan su óptimo desarrollo. Se incluyen especies que sirvan para atraer fauna silvestre.

Figura 12-11 Modelo núcleo florístico



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Para efectuar la siembra de los árboles se realizarán las actividades descritas en la **Tabla 12-17**.

Tabla 12-17 Actividades siembra arboles

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Localización puntos siembra	A partir del diseño predial se ubicarán estacas en los puntos de siembra con la ayuda de equipos topográficos. En los sitios de especies esciofitas de pintar de rojo la estaca y en la de frutales con color amarillo. En los puntos de las heliófitas no se pintarán las estacas.
Ahoyado	Los hoyos se realizarán manualmente con Palín o barra, con unas dimensiones de: 0,4 metros de diámetro y 0.6 metros de profundidad.
Fertilización	La fertilización dependerá de los resultados del análisis del suelo.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Transporte de material vegetal	El traslado de las plántulas, desde el vivero hasta el sitio de plantación, se desarrollará en cajas plásticas, de manera que el material este protegido durante el recorrido. El vehículo deberá ir debidamente carpado para minimizar el efecto del viento sobre los árboles.
Época de plantación	De acuerdo con la información climática del área de influencia directa, el periodo de lluvias es bimodal con un periodo inicial en abril, y otro en octubre, motivo por el cual se recomienda realizar la plantación en estos meses garantizando lluvias en las primeras etapas de la plantación.
Material Vegetal	El material vegetal deberá presentar una buena conformación presentando una relación armónica entre la parte aérea de la plántula y su parte radicular, la altura de las mismas deberá ser de por lo menos 50 centímetros de altura contados a partir del inicio del tallo de la misma, la bolsa no deberá tener raíces por fuera de ella.
Siembra	El suelo debe estar húmedo, se debe retirar la bolsa, evitar que queden espacios en el pan de tierra, para lo cual se compactará, pero sin maltratar las plántulas.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La elección de las especies a emplear en las actividades de rehabilitación se basó en las especies previamente identificadas en las parcelas realizadas dentro del área físico-biótica. Esta selección se sustenta en la premisa de que las especies presentes de manera natural en los ecosistemas que podrían verse afectados están adaptadas a las condiciones ambientales de la zona de inversión. Estos ecosistemas equivalen a los que serán intervenidos, otorgando confianza en su idoneidad.

De esta manera, todas las especies detectadas en las parcelas son consideradas viables para su inclusión en las acciones de rehabilitación. Sin embargo, dado que la estrategia de rehabilitación abarca la consideración de los gremios ecológicos a los que pertenecen las especies, de modo que las especies heliófitas fomenten el crecimiento de las esciofitas, se procedió a revisar las especies con gremios ecológicos confirmados.

En busca de esta información, se realizó un estudio bibliográfico relativo a los gremios ecológicos, para identificar las especies cuyo gremio está claramente definido. Además, se consideraron los resultados obtenidos de la caracterización, incluyendo factores como la regeneración natural y la importancia de especies en distintas etapas sucesionales. Esta aproximación permitió delinear dos listados de especies: uno compuesto por especies heliófitas y otro por especies esciofitas.

En la **Tabla 12-18** se presenta el listado de especies heliófitas y en la **Tabla 12-19** se presenta el listado de especies esciofitas que se pueden utilizar.

Tabla 12-18 Especies heliófitas

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Hobo, Jobo, Ciruelo
Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Chingalé, soples
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A. DC.	Flor morado, guayacán rosado, roble
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (Roem. & Schult.) Blume	Zurrumbo
Chrysobalanaceae	<i>Licania arborea</i> Seem.	Garcero
Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.	Ceiba amarilla, Ceiba lechosa, Ceiba bruja, Ceiba pintadora
Lecythidaceae	<i>Cariniana pyriformis</i> Miers	Abarco
	<i>Lecythis mesophylla</i> S.A. Mori	Coco cristal, Angelino
	<i>Lecythis minor</i> Jacq.	Olla de mono, Coco
	<i>Lecythis turyana</i> Pittier	Coco picho, Coco cuna, Olleta de mono
Leguminosae	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	Igua amarillo, nauno
	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	Campano, samán
	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Dormidero, Rayo, Rayito
Malvaceae	<i>Apeiba aspera</i> Aub	Peine mono
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba bonga, Pintadora
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo, Guácimo blanco
	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Balso, Balso negro, balsillo
Melastomataceae	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Guayaba de pava, Guayabito
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro, cedro Rosado
Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd.	Higuerón
	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud	Dinde, mora, moral, morón

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Myristicaceae	<i>Virola flexuosa</i> A.C. Sm	Virola, Sangre toro, Soto
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus elsiae</i> Urb.	Pimiento
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	Sapote de monte, Jagua
Urticaceae	<i>Cecropia cf. insignis</i> Liebm.	Yarumo
	<i>Cecropia engleriana</i> Snethl.	Yarumo Montañero, yarumo de tierra firme
	<i>Cecropia ficifolia</i> Warb. ex Snethl.	Yarumo de bajos
	<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	Yarumo
	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Yarumo de montaña
Vochysiaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumo, Yarumo
	<i>Vochysia ferruginea</i> mart.	Arracacho de flor amarilla

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 12-19 Especies esciófitas

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero ex Kunth) Skeels	Caracolí
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Tibigaro, gusanero, diomate, amargoso
Annonaceae	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Anon de Monte ¹
Arecaceae	<i>Socratea exorrhiza</i> (mart.) H. Wendl	Palma zanco de araña, zancona, palma chuapo, palma peluda
Caryocaraceae	<i>Caryocar amygdaliferum</i> Mutis	Almendrón
Combretaceae	<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl) Eichler	Gallinero
Cyclanthaceae	<i>Carludovica palmata</i> Ruiz & Pav.	Anacuma, iraca, nacuma, palma iraca
Fabaceae	<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	Chicharro, Bolombolo
Lauraceae	<i>Ocotea cf. oblonga</i> (Meisn.) Mez	Laurel
	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Coco cabuyo, coquito, coco picho
Lecythidaceae	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	Coco majagua
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Algarrobo, pata de vaca
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Guaimaro ¹
	<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	Vaco
Myristicaceae	<i>Virola flexuosa</i> A.C. Sm	Virola, Sangre toro, Soto
	<i>Virola peruviana</i> (A. DC.) Warb.	Virola
	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Virola, Sangre de Toro
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Guacamayo, Pantano
Polygonaceae	<i>Coccoloba padiformis</i> Meisn.	Tacaloa
Salicaceae	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth.	Varablanca

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Tabla 12-20** se presenta el listado de especies de interés para atraer fauna silvestre que se pueden utilizar, las cuales se seleccionaron a partir de cuatro especies de primates identificadas en el muestreo, que de acuerdo con varias fuentes bibliográficas buscan servicios ecosistémicos del listado de especies de árboles presentadas, cuya relación se discrimina con una X por primate para cada una de las especies arbóreas.

Tabla 12-20 Especies interés fauna

Especie Flora	<i>Plecturocebus ornatus</i> / Zocay	<i>Sapajus apella</i> / Mico maicero	<i>Saimiri cassiquiarensis</i> / Mico soldado	<i>Aotus brumbacki</i> / Mico de noche llanero
<i>Astrocaryum sp.</i>		x		
<i>Attalea maripa</i>		x		
<i>Bellucia grossularioides</i>		x		
<i>Bocageopsis multiflora</i>		x		
<i>Bomarea patinii</i>				x
<i>Byrsonima crasifolia</i>		x		
<i>Calophyllum sp.</i>		x		
<i>Campomanesia sp.</i>			x	
<i>Canavalia ensiformis</i>				x
<i>Catoblastos sp.</i>	x			
<i>Cecropia sp.</i>			x	

Espece Flora	<i>Plecturocebus ornatus</i> / Zocay	<i>Sapajus apella</i> / Mico maicero	<i>Saimiri cassiquiarensis</i> / Mico soldado	<i>Aotus brumbacki</i> / Mico de noche llanero
<i>Chrysochlamys dependens</i>				X
<i>Cochlospermum orinocense</i>				X
<i>Cordia collococca</i>				X
<i>Coussaera sp.</i>		X		
<i>Croton magdalenensis</i>				X
<i>Croton mutisianus</i>				X
<i>Cydista aequinoctialis</i>				X
<i>Dendropanax macrophyllus</i>				X
<i>Dioscorea sp.</i>				X
<i>Duquetia antioquiensis</i>				X
<i>Elaphandra sp.</i>				X
<i>Erythroxylum sp.</i>				X
<i>Euterpe sp.</i>			X	
<i>Ficus cf. trigona</i>		X		
<i>Ficus sp.</i>		X	X	
<i>Guapira olfersiana</i>		X		
<i>Guarania sp.</i>	X			
<i>Hybanthus prunifolius</i>	X			
<i>Inga capsellata</i>				X
<i>Inga edulis</i>				X
<i>Inga sp.</i>	X	X		
<i>Iriarteia exorrhiza</i>	X			
<i>Leonia glydicarpa</i>	X			
<i>Machaerium capote</i>				X
<i>Mauritia flexuosa</i>		X		
<i>Mendoncia gracilis</i>				X
<i>Miconia trinervie</i>	X			
<i>Oenocarpus bacaba</i>		X		
<i>Oenocarpus bataua</i>	X	X		
<i>Parahancornea oblonga</i>		X		
<i>Passiflora sp.</i>	X			
<i>Pepitas moradas</i>		X		
<i>Perebea santoxchyma</i>	X			
<i>Picramnia latifolia</i>	X			
<i>Pourouma aurea</i>		X		
<i>Pourouma bicolor</i>	X			
<i>Protieum robustum</i>	X			
<i>Protieum sagotianum</i>	X			
<i>Pseudoconnarus sp.</i>		X		
<i>Quararibea sterolepsis</i>	X			
<i>Quercus humboldtii</i>				X
<i>Rudgea crasiloba</i>		X		
<i>Rinorea falcata</i>	X			
<i>Schefflera fontiana</i>				X
<i>Scoglotis sp.</i>		X		
<i>Siparuna guianensis</i>		X		
<i>Socratea exorrhiza</i>		X		
<i>Spondias mombin</i>				X
<i>Syagrus orinocensis</i>		X		
<i>Symphonia globurifera</i>		X		
<i>Trema micrantha</i>				X
<i>Trichilia mainasiana</i>	X			
<i>Trichilia stipitata</i>	X			
<i>Trophis recemosa</i>	X			
<i>Varronia cylindrostachya</i>				X

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Vale la pena mencionar que, si bien el listado de especies para interés de fauna presenta algunas incluidas en el listado de heliófitas y esciófitas, en el diseño cumplen funciones diferentes, pues su ubicación busca que las heliófitas generen sombra que permita el crecimiento de las esciófitas, al

igual que brinden un entorno boscoso a las de interés de fauna, de modo que la fauna encuentre hábitat en el centro de los núcleos; es decir, las heliófilas se localizan de modo que brinden sombra a las esciófitas y refugio a la fauna atraída por especies de su interés. En este sentido, es válido usar una misma especie por su gremio o por su interés de la fauna, dado que su ubicación cumple funciones diferentes.

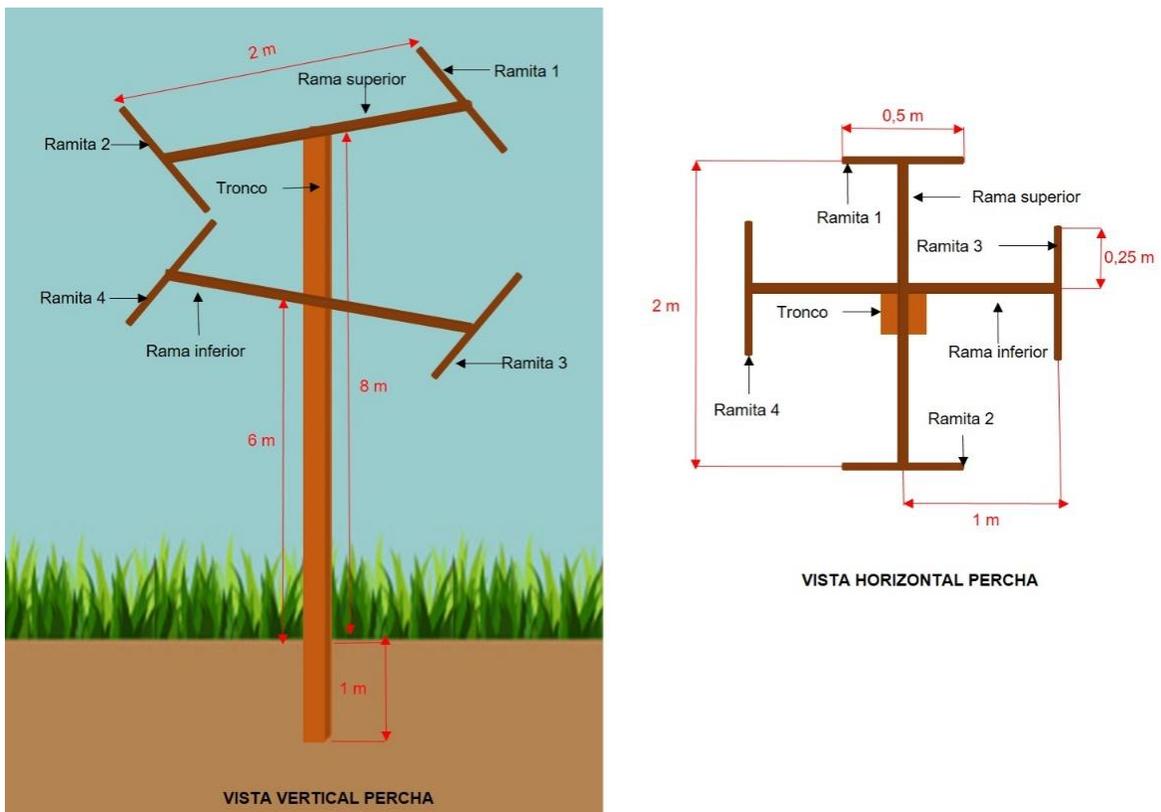
12.10.3.4 Instalación perchas artificiales

Sirven para que aves y murciélagos las utilicen de perchas, lo cual permite que a través de sus excretas se trasladen las semillas de los fragmentos permanentes hacia los sitios que se desean restaurar. Se instalarán cinco (5) perchas artificiales por cada hectárea restaurada, las cuales se ubicarán en las zonas sin núcleos florísticos.

Cada percha estará constituida por un tronco de nueve (9) metros, el cual será enterrado a un metro de profundidad. A la altura de los seis (6) metros y en el final del tronco se instalarán ramas de dos (2) metros, las cuales formaran una cruz vista desde la parte superior, y al extremo de cada rama se instalará una (1) ramita de un (1) metro.

En la **Figura 12-12** se presenta el modelo de una percha artificial con las dimensiones, desde una vista vertical y una vista horizontal.

Figura 12-12 Modelo percha artificial



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

12.10.3.5 Construcción refugios artificiales

Dado que en áreas abiertas se da una alta exposición de los animales a sus predadores, con la construcción de refugios artificiales (madrigueras) se busca ofrecer un abrigo seguro para la fauna y así aumentar la frecuencia y permanencia de visitantes en las áreas por restaurar (roedores, reptiles, anfibios, etc.) (Reis et ál. 2003). La tendencia es que estos animales, en corto y mediano plazo, faciliten la llegada de semillas de los fragmentos adyacentes, lo cual contribuirá a la sucesión y mejoramiento de la conectividad local. Dichos refugios, se construirán con restos de troncos, piedras y ramas. En total se construirán cinco (5) madrigueras por hectárea.

12.10.3.6 Establecimiento proyecto uso sostenible

La implementación de sistemas agroforestales o silvopastoriles tiene como objetivo principal prevenir la degradación y rehabilitar terrenos degradados, permitiendo que estos puedan conservar especies y ofrecer servicios ecosistémicos. Esta estrategia involucra el establecimiento de franjas forestales dentro de un entorno de cultivos o pastizales, con la finalidad de generar opciones económicas para las comunidades locales y al mismo tiempo promover la recuperación ecológica de estas áreas.

Los sistemas agroforestales o silvopastoriles complementarán las medidas de rehabilitación ecológica, impulsando así la restauración integral del territorio mediante la combinación de prácticas de conservación y actividades sostenibles. Es importante destacar que estos sistemas se desarrollarán en los mismos terrenos en los que se lleva a cabo la rehabilitación.

La propuesta de Ecopetrol, basada en el diseño de proyectos productivos sostenibles a nivel de paisaje, tiene como finalidad maximizar los impactos positivos tanto ambientales como sociales, derivados de sus compromisos. Estas acciones se suman a las iniciativas de rehabilitación ecológica y se concentran en crear una estrategia de reconexión para los fragmentos restantes de ecosistemas naturales en la región de inversión. Esta reconexión tiene como objetivo recuperar parte de la integridad ecológica y mejorar la viabilidad de las especies de flora y fauna, mediante la incorporación de terrenos en la transformación de sus sistemas productivos.

Considerando que en el área de uso sostenible se implementarán sistemas agroforestales o silvopastoriles según los acuerdos con los propietarios, a continuación, se presenta la descripción detallada de las actividades correspondientes a cada uno de estos sistemas.

➤ Sistema agroforestal

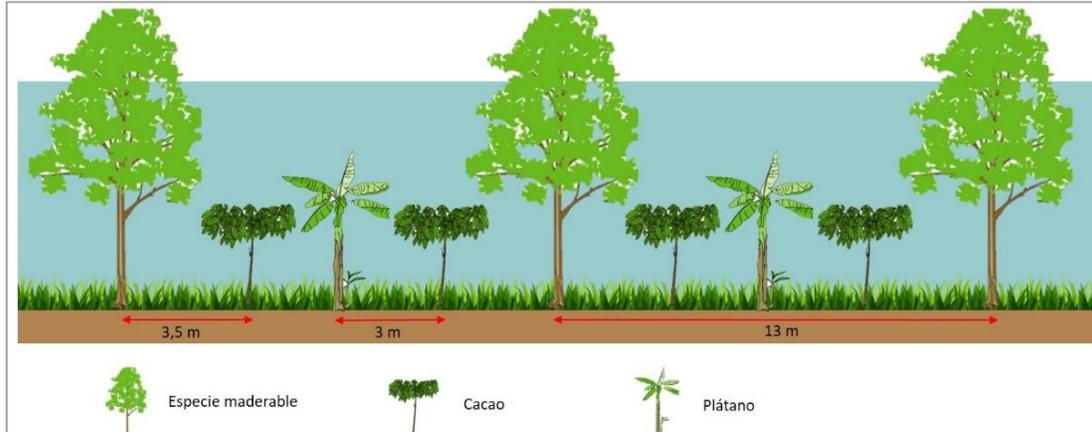
Se establecerá un sistema agroforestal, consistente en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) bajo sombra de especies maderables. El sistema consta de líneas de especies maderables, en las cuales cada árbol de una misma línea estará separado por 3,5 metros y la distancia entre líneas será de 13 metros.

Entre cada línea de árbol maderable se establecerá un cultivo de cacao, el cual cada árbol de cacao estará separado de la línea de árbol maderable por una distancia de 3, 5 metros, y entre cada planta de cacao por una distancia de tres (3) metros, para un total de tres (3) líneas de plantas de cacao, entre cada línea de árbol maderable.

No obstante, considerando que los árboles maderables en la etapa inicial, por sus dimensiones no ofrecen la suficiente sombra, se establecerá en la línea de la mitad plantas de plátano (*musa sp.*), intercalados con plantas de cacao, de modo que las plantas de plátano sirvan de sombra provisional, hasta que los árboles de especies maderables puedan ofrecer la sombra requerida por el cultivo de cacao.

En la Figura 12-13 se muestra el aspecto de las líneas del sistema, en el cual se aprecia que la distancia entre líneas de árboles maderables es de 13 metros, entre las plantas de cacao y lo arboles maderables es de 3,5 metros, y entre las líneas con cultivos es de tres (3) metros, dejando inicialmente plátano en la línea central.

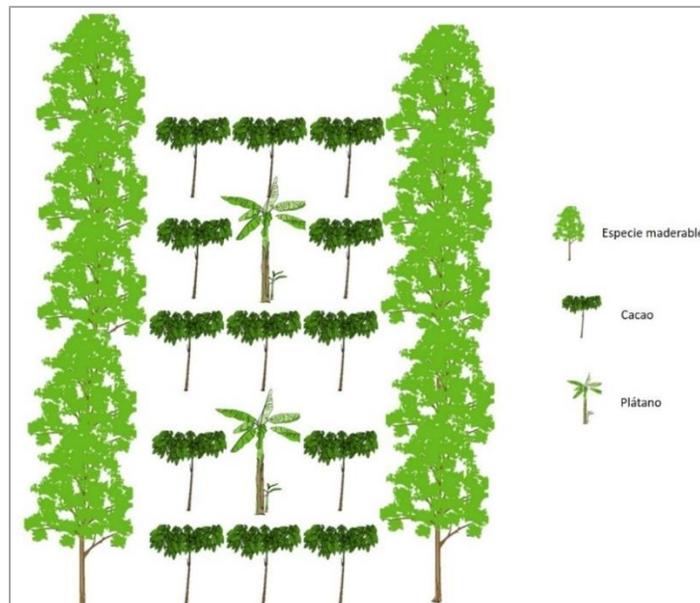
Figura 12-13 Modelo sistema agroforestal



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La **Figura 12-14** se presenta la estrategia propuesta para la utilización provisional del plátano como sombra. Como se observa, la línea central alterna una planta de cacao con una de plátano, de manera que cada planta de plátano oficie como sombra para ocho (8) plantas de cacao. Esta táctica no solo facilita la sombra necesaria para el cacao, sino que también brinda la oportunidad de aprovechar la producción de plátanos. Una vez que los árboles maderables alcancen la sombra deseada, la decisión de reemplazar los plátanos por más plantas de cacao quedará en manos del dueño del terreno.

Figura 12-14 Aspecto sombrío provisional con plátano



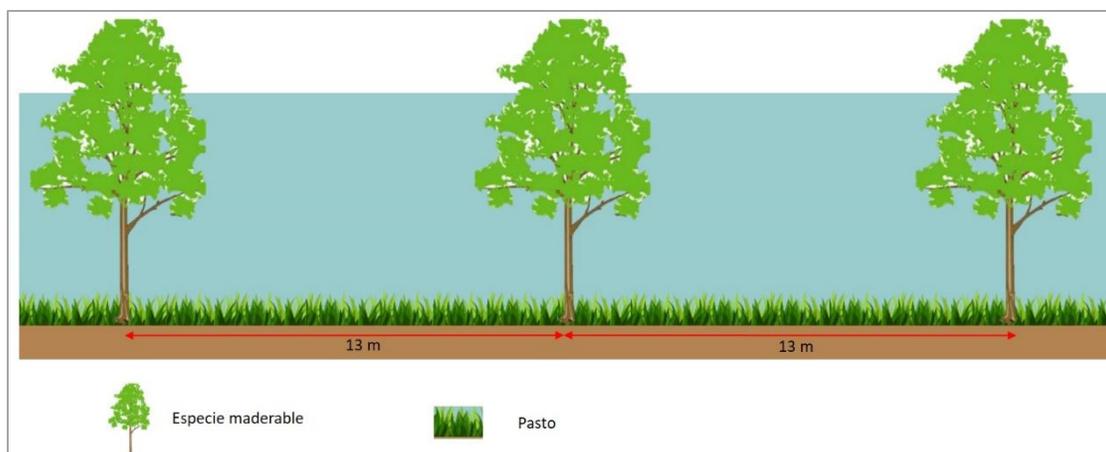
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El establecimiento del sistema agroforestal se complementaría con cursos de capacitación a los propietarios, en el manejo de plantaciones forestales y la cosecha de cacao, entre otros aspectos necesarios para que el propietario del predio asuma el control del sistema.

➤ **Sistema silvopastoril**

El sistema silvopastoril, al igual que el agroforestal, estará conformado por líneas de árboles maderables distanciadas por 13 metros, entre las cuales se establecerán pastos para ganadería. De acuerdo con el Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria –SIPRA–, en el área, se presenta aptitud alta y media para producir pasto humidícola (*Brachiaria humidicola*), de modo que la zona de pastos se sembraría con esta especie. La **Figura 12-15** presenta el aspecto del sistema silvopastoril.

Figura 12-15 Modelo sistema silvopastoril



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El establecimiento del sistema silvopastoril se complementaría con cursos de capacitación a los propietarios, en el manejo de plantaciones forestales y de pastizales, entre otros aspectos necesarios para que el propietario del predio asuma el control del sistema.

12.10.4 Mantenimiento y Monitoreo

Semestralmente durante tres (3) años, a la par de las actividades de, se realizará el monitoreo de la rehabilitación y del proyecto de uso sostenible, de modo que se verifique el cumplimiento de las metas propuestas. Para ello se establecerán indicadores y se ejecutara su medición, de modo que, con los resultados de estos, se verifique la efectividad de las medidas propuestas.

➤ **Mantenimiento Cerca**

Se realizará semestralmente recorrido a la cerca durante tres (3) años. En caso de encontrarse postes, grapas y alambre de púas que se haya caído o perdido, deberán reponerse y reestablecerse. Para lo anterior se sigue el mismo procedimiento de instalación inicial.

➤ **Mantenimiento Núcleos Florísticos**

El mantenimiento de los núcleos florísticos se realizará cada seis (6) meses durante tres (3) años, para un total de seis (6) mantenimientos. Durante el mantenimiento se ejecutarán las actividades presentadas en la **Tabla 12-21**.

Tabla 12-21 Mantenimiento árboles de los núcleos florísticos

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Resiembra	Se hará un conteo de mortalidad a los seis (6) meses después de la plantación para ejecutar la resiembra. Un árbol a remplazar es aquel que tenga afectado más de un tercio del fuste se deberá realizar en el mes de diciembre siguiente a la plantación, o antes que inicie el período de máxima sequía. Esto para evitar que una sequía anormal de un valor superior al esperado. La reposición de material vegetal muerto se realizará en postura diferente de la plantación inicial, sin extracción de la planta muerta. Esto con el fin de permitir futuros rebrotes de plantas aparentemente muertas, pero cuya cepa no murió.
Fertilización	Semestralmente y durante tres años se aplicará triple quince alrededor de cada árbol.
Replateo	Semestralmente, alrededor de cada árbol se quitarán malezas que compitan con el árbol en un diámetro de un metro.
Realce o aparcamiento	En aquellos sectores de revegetación en donde el viento azota con frecuencia e intensidad, el movimiento oscilatorio de la planta puede ocasionar un hueco en forma de cono invertido alrededor del cuello de la raíz, lo cual provoca desecaciones del suelo alrededor de la zona radical, daños por insolación y calentamiento. En aquellas plantas se deberá aportar tierra manualmente con el azadón sobre la zona afectada.
Observaciones	Se verificarán el estado fitosanitario, los requerimientos de fertilización, limpieza, plateo y el porcentaje de sobrevivencia de las especies. Si existen problemas irreversibles o mortalidad de los individuos, se procederá a su remplazo. En caso de presentarse infestación por parte de plagas se evaluará y se aplicarán los correctivos necesarios.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Mantenimiento Perchas Artificiales**

Semestralmente durante tres (3) años se verificará el estado de las perchas artificiales. En caso de encontrarse afectaciones a las perchas, se evaluará si se puede reparar, o si es necesario remplazarlas. Si es necesario repararlas o remplazarlas, se verificará que no esté siendo usada por fauna silvestre en ese momento, debido a que, si está siendo utilizada, no se podrá hacer la actividad, considerando que el propósito es que sea utilizada por la fauna de silvestre, de modo que ahuyentar a la fauna sería contraproducente para el objetivo de la rehabilitación.

➤ **Mantenimiento Refugios**

Los refugios artificiales no tendrán mantenimiento para evitar el contacto con la fauna silvestre y su posible ahuyentamiento.

➤ **Mantenimiento proyecto uso sostenible**

El mantenimiento del proyecto de uso sostenible estará a cargo del propietario del predio, pero con el acompañamiento de Ecopetrol. De este modo Ecopetrol ofrecerá asesoría técnica para la recolección de la cosecha, para el procesamiento del fruto y la comercialización del producto.

Respecto a las líneas de árboles maderables, Ecopetrol realizara el mantenimiento descrito en la **Tabla 12-22** durante los primeros tres (3) años, con una frecuencia semestral.

Tabla 12-22 Mantenimiento árboles maderables

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Resiembra	Se hará un conteo de mortalidad a los seis (6) meses después de la plantación para ejecutar la resiembra. Un árbol a remplazar es aquel que tenga afectado más de un tercio del fuste se deberá realizar en el mes de diciembre siguiente a la plantación, o antes que inicie el período de máxima sequía. Esto para evitar que una sequía anormal de un valor superior al esperado.
Fertilización	Semestralmente y durante tres años se aplicará triple quince alrededor de cada árbol.
Replateo	Semestralmente, alrededor de cada árbol se quitarán malezas que compitan con el árbol en un diámetro de un metro.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Realce o aporcamiento	En aquellos sectores de revegetación en donde el viento azota con frecuencia e intensidad, el movimiento oscilatorio de la planta puede ocasionar un hueco en forma de cono invertido alrededor del cuello de la raíz, lo cual provoca desecaciones del suelo alrededor de la zona radical, daños por insolación y calentamiento. En aquellas plantas se deberá aportar tierra manualmente con el azadón sobre la zona afectada.
Observaciones	Se verificarán el estado fitosanitario, los requerimientos de fertilización, limpieza, platio y el porcentaje de sobrevivencia de las especies. Si existen problemas irreversibles o mortalidad de los individuos, se procederá a su remplazo. En caso de presentarse infestación por parte de plagas se evaluará y se aplicarán los correctivos necesarios.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

12.10.5 Cierre de la obligación

Antes de concluir el proyecto, se ejecutan las fases de cierre que incluyen la recopilación de datos, la elaboración de informes finales, la coordinación y solicitud de la visita de seguimiento, y la entrega definitiva de las actividades. Estas etapas permiten concluir formalmente con los compromisos establecidos ante la Autoridad competente.

12.10.6 Plan de Inversiones

En la **Tabla 12-23** se presentan los costos estimados del plan de compensación.

Tabla 12-23 Costos del plan de compensación

ACTIVIDAD	*CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Selección de predios	1	Global	\$ 100.000.000,00	\$ 100.000.000,00
Análisis hidrológico	1	Global	\$ 500.000.000,00	\$ 500.000.000,00
Estudio de suelos	1	Global	\$ 400.000.000,00	\$ 400.000.000,00
Elaboración diseño predial	1	Global	\$ 200.000.000,00	\$ 200.000.000,00
Preparación del terreno	227,57	Hectárea	\$ 1.000.000,00	\$ 227.570.000,00
Instalación cerca	22,76	Kilometro	\$ 15.000.000,00	\$ 341.355.000,00
Establecimiento núcleos florísticos	1137,85	Núcleo	\$ 646.538,26	\$ 735.663.559,14
Instalación Perchas artificiales	1137,85	Percha	\$ 300.000,00	\$ 341.355.000,00
Construcción Refugios artificiales	1137,85	Refugio	\$ 100.000,00	\$ 113.785.000,00
Establecimiento y mantenimiento proyecto uso sostenible	56,89	Hectárea	\$ 12.992.475,90	\$ 739.174.435,14
Mantenimiento cerca viva	22,76	Kilometro	\$ 3.000.000,00	\$ 68.271.000,00
Mantenimiento núcleos florísticos	1137,85	Núcleo	\$ 161.026,63	\$ 183.224.150,95
Mantenimiento Perchas	1137,85	Percha	\$ 100.000,00	\$ 113.785.000,00
Monitoreo	1	Global	\$ 500.000.000,00	\$ 500.000.000,00
TOTAL				\$ 4.564.183.145,23

*Estas cantidades corresponden a la proyección de intervención máxima en 216 hectáreas de ecosistemas naturales y transformados, para una compensación de máximo 227,57 hectáreas. Las cantidades reales se reportarán mediante los ICA's.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

12.11 Plan de Monitoreo y Seguimiento

El proceso de monitoreo se centra en la observación y evaluación continua de las transformaciones que experimenta el ecosistema como resultado de las acciones implementadas. Esta actividad es esencial para recolectar información detallada acerca de la efectividad de dichas acciones y para medir el progreso alcanzado en relación con el logro de los objetivos establecidos. En consideración de estos aspectos, se delimitan los propósitos del monitoreo, así como los indicadores clave a ser utilizados.

12.11.1 Objetivos del monitoreo

- Hacer seguimiento a las acciones de rehabilitación y de uso sostenible implementadas para dar cumplimiento a las obligaciones de compensación del proyecto Área de Desarrollo Llanos 141.
- Establecer indicadores ecosistémicos, morfométricos, ecológicos y de cumplimiento para la evaluación de las acciones de rehabilitación y de uso sostenible

12.11.2 Indicadores

Con el propósito de evaluar el avance y la eficacia derivados de la ejecución del Plan de Compensación del Componente Biótico, se proponen indicadores tanto de impacto como de resultado.

AL respecto es importante mencionar que los Indicadores de impacto buscan evidenciar los efectos sinérgicos que tienen las estrategias en el paisaje y por lo tanto, permiten determinar la efectividad de dichas estrategias y si es necesario realizar modificaciones a las mismas en una segunda fase del proyecto. Estos indicadores pueden ser ecosistémicos, ecológicos y morfométricos.

Por otra parte, los indicadores de resultado buscan identificar los efectos logrados a corto y mediano plazo como consecuencia de las estrategias implementadas.

Estos indicadores, (tanto de impacto como de cumplimiento) se diseñan para permitir un seguimiento y monitoreo riguroso de las acciones implementadas. Cabe destacar que la elección de estos indicadores está fuertemente influenciada por la naturaleza del ecosistema en el que se llevan a cabo las acciones, así como por los objetivos y los marcos temporales definidos. Por lo tanto, es posible que se realicen ajustes y cambios en estos indicadores a medida que se desarrollen las acciones y surjan necesidades específicas.

En la **Tabla 12-24**, se presenta un resumen de la aplicabilidad de los indicadores en las áreas de rehabilitación y donde se establecerán los proyectos relacionados a incentivos en especie para el componente de flora y fauna.

Tabla 12-24 Descripción de indicadores para las áreas de rehabilitación y e incentivos

INDICADORES		DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	RH*	IE**	
Componente Flora	Impacto (Ecosistémicos)	Recambio de especies	La riqueza de especies es el número de especies que se encuentran en una parcela de evaluación determinada para cada categoría de tamaño de la vegetación (brinzal, latizal y fustal)	X	
		Diversidad de especies de la comunidad	Mide el incremento o disminución en la proporción de especies y de individuos en las áreas intervenidas (rehabilitación y uso sostenibles).	X	
		Dominancia de especies de la comunidad	El índice de dominancia refleja si alguna especie en la comunidad se encuentra en mayor proporción con respecto a las demás.	X	
		Conectividad paisajística	Los cambios en la conectividad paisajística se establecerán mediante la aplicación del índice de fragmentación de Gurrutxaga (2003), el cual tiene en cuenta el tamaño, el número y la distancia entre parches de vegetación dentro de un área determinada, para establecer si la fragmentación ha disminuido con la reducción de las distancias entre los parches y el aumento de área del hábitat producto de un aumento en la conectividad por presencia de coberturas seminaturales o naturales.	X	X
	Impacto (Morfométricos)	Crecimiento anual del DAP de la plantación	Crecimiento anual del diámetro con respecto al número de individuos.	X	X
		Crecimiento anual en la cobertura de la copa de la plantación	Crecimiento anual en la copa con respecto al número de individuos.	X	X

INDICADORES		DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	RH*	IE**	
Componente Flora	Cumplimiento	Aislamiento establecido	Sumatoria de la cantidad de aislamiento establecido para las áreas de intervención (rehabilitación y uso sostenible) en cada predio	X	X
		Supervivencia de las plantaciones	Establece la supervivencia de los individuos plantados en un tiempo determinado	X	X
		Área incentivo en especie	Sumatoria de la cantidad de área establecida para los proyectos de incentivo en especie en cada predio		X
		Área en rehabilitación	Sumatoria de la cantidad de área en rehabilitación en cada predio	X	
		No. de perchas y refugios instalados	Sumatoria de la cantidad de perchas y refugios instalados.	X	
		No. de acuerdos de conservación	Sumatoria de la cantidad de acuerdos de conservación formalizados en el plan de compensación.	X	X

Área Rehabilitación; **Área Incentivos en Especie
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S, 2023)

Con el propósito de proporcionar a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, información técnica que le permita realizar de forma clara los seguimientos posteriores, se listan a continuación, la información que será utilizada y presentada a través de informes anuales, en los que se podrá para verificar el cumplimiento y efectividad de los acuerdos de conservación:

- Presentar indicadores cualitativos o cuantitativos que permitan identificar los cambios generados en el ecosistema por la implementación de las estrategias de rehabilitación y uso sostenible.
- Cuantificación del aumento de la cobertura vegetal por la implementación de las acciones de rehabilitación y uso sostenible.
- Cuantificar el área de intervención de los proyectos con procesos de rehabilitación y uso sostenible, se presentará cartografía en la cual se observen las superficies en donde se están implementando las estrategias de compensación.
- Caracterización de la flora, de las áreas con acuerdos de conservación

Es importante resaltar, que previo a la presentación de la información técnica para el seguimiento por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, se realizará el levantamiento de la línea base del proyecto, la cual se presentará en el primer informe de seguimiento.

12.11.3 Indicadores ecosistémicos

Estos indicadores tienen el propósito de arrojar luz sobre la eficacia de las medidas de rehabilitación adoptadas, especialmente en cuanto a la aceleración de los procesos sucesionales. Esto, a su vez, señalará el inicio del proceso de regeneración de las funciones ecológicas delineadas en los objetivos del plan, y sienta las bases para la mejora futura de la conectividad entre áreas fragmentadas a través de la implementación de corredores biológicos.

Los indicadores, que incluyen el Recambio de Especies, Densidad de Individuos, Diversidad de Especies de la Comunidad y Dominancia de Especies de la Comunidad, serán evaluados en las parcelas localizadas en las zonas de rehabilitación. En estas áreas, no se establecerán núcleos florísticos, sino que se instalarán perchas y refugios. Se espera que, en estas áreas, la rehabilitación ocurra de manera natural a través de procesos de sucesión secundaria, que se promoverán al atraer a la fauna dispersora mediante las perchas y refugios. Además, se fomentará mediante la gestión de factores tensionantes, como la colocación de cercas, el diseño de sistemas de drenaje y la colaboración con las comunidades locales.

En relación al indicador de Conectividad Paisajística, se extenderá tanto a las áreas de rehabilitación y uso sostenible como a los ecosistemas circundantes. De esta manera, se demostrará la eficacia de las medidas adoptadas para el inicio del proceso de reconexión entre fragmentos de hábitat dispersos en el paisaje.

Indicador	Recambio de especies
Periodicidad	Anual
Información asociada	Inventario de especies Sistematización de la información normalizada y depurada mediante Matrices de Excel.
Descripción del indicador	La riqueza de especies es el número de especies que se encuentran en una parcela de evaluación determinada para cada categoría de tamaño de la vegetación (brinzal, latizal y fustal)
Fórmula	<p>La riqueza de especies se calcula a partir del inventario de especies para el área de interés, los valores aumentan a medida que el número de especies se hace mayor, y está dada por:</p> $R_t = \frac{(S - 1)}{\ln(n)}$ <p>Donde R_t es la riqueza de especies en el tiempo t, n es el número de individuos en la muestra y S el número de especies.</p> $\Delta R = R_{t+1} - R_t$ <p>El indicador puede ser calculado y comparado con respecto a la línea base del área a impactar, la línea base del monitoreo o t_0, o entre temporadas de monitoreo (Ej. T_1 Vs. T_2, t_2 Vs. t_3, etc.).</p>
Valoración	Para cada categoría de tamaño de la vegetación (brinzal, latizal y fustal) se evaluará si la riqueza de especies aumenta, disminuye o permanece constante, lo cual dependerá del tiempo o monitoreo que se esté realizando.

Indicador	Diversidad de especies de la comunidad
Periodicidad	Anual
Información asociada	Número de individuos por especie Sistematización de la información de las caracterizaciones mediante tablas y matrices de Excel.
Descripción del indicador	Mide el incremento o disminución en la proporción de especies y de individuos en las áreas intervenidas (rehabilitación y uso sostenibles).
Fórmula	<p>Índice Shannon–Wiener</p> $H' = - \sum p_i \ln p_i$
Valoración	Expresa la uniformidad de las especies en la muestra considerando tanto el número de especies como la abundancia. La diversidad puede ser estimada a través del índice de Shannon–Wiener, el cual comprende valores entre 0 y 5, cuanto mayor sea, mayor será la Diversidad.

Indicador	Dominancia de especies de la comunidad
Periodicidad	Anual
Información asociada	Número de individuos por especie Sistematización de la información de las caracterizaciones mediante tablas y matrices de Excel.
Descripción del indicador	El índice de dominancia refleja si alguna especie en la comunidad se encuentra en mayor proporción con respecto a las demás.
Fórmula	<p>Índice de Simpson (D):</p> $D = \sum_{i=1}^s \left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right]$ <p>n_i=Número de individuos de la especie i en la muestra N=Número de individuos totales en la muestra s=Número de especies en la muestra</p>
Valoración	Expresa la uniformidad de las especies en la muestra considerando tanto el número de especies como la abundancia. La dominancia se calcula con el índice de Simpson, está dada en valores entre 0 y 1, entre mayor sea la dominancia menor será la diversidad del área.

Indicador	Conectividad paisajística
Periodicidad	Anual
Información asociada	Fotografía aérea, ortofoto a escala 1:10.000 a 1:100.000, o coberturas actualizadas a escala 1:10.000 a 1:25.000 teniendo como base la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Sistematización de la información de las caracterizaciones mediante tablas y matrices de Excel.
Descripción del indicador	Los cambios en la conectividad paisajística se establecerán mediante la aplicación del índice de fragmentación de Gurrutxaga (2003), el cual tiene en cuenta el tamaño, el número y la distancia entre parches de vegetación dentro de un área determinada, para establecer si la fragmentación ha disminuido con la reducción de las distancias entre los parches y el aumento de área del hábitat producto de un aumento en la conectividad por presencia de coberturas seminaturales o naturales.
Fórmula	Índice fragmentación (F): $F(t) = \sum p1+p2+\dots+pn / a_n * Rc$ Donde: F(t)= índice de fragmentación en el tiempo (t). p= la sumatoria de todas las áreas de los parches en el tiempo (t), dentro de las cuales se incluirá el área intervenida por el proyecto de uso sostenible. a = número de parches en el tiempo (t), dentro de las cuales se incluirá el área intervenida por el proyecto de uso sostenible. Rc= factor de dispersión de los parches en el tiempo (t): $Rc = 2 dc (\lambda/\pi)$ donde: dc= promedio de las distancias entre los parches medidos desde el borde (en hectómetros). λ = número de manchas / superficie total del área de estudio en ha) x 100
Valoración	El índice de fragmentación arroja valores que van disminuyendo si la distancia entre los parches se reduce a causa del aumento en la conectividad por presencia de coberturas seminaturales o naturales.

12.11.4 Indicadores morfométricos

Se anticipa que las especies correspondientes a los estratos de pricerales demostrarán el mayor incremento en Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), altura y cobertura de copa, debido a sus características y proceso de crecimiento. En contraste, se espera que las especies de los estratos de mesocerales y tardicerales exhiban cambios mínimos o incluso carezcan de evidencia de cambios significativos en estos aspectos.

Estos indicadores serán evaluados en las parcelas situadas en las áreas de rehabilitación que estén designadas para la implementación de núcleos florísticos. Además, también se medirán en las franjas maderables presentes en las zonas destinadas a un uso sostenible, particularmente aquellas áreas con sistemas silvopastoriles o agroforestales.

Indicador	Crecimiento anual del DAP de la plantación
Periodicidad	Anual
Información asociada	Valores de DAP de las especies.
Descripción del indicador	Crecimiento anual del diámetro con respecto al número de individuos.
Fórmula	Índice de crecimiento anual del DAP $ICA_d = \sum (d_1+d_2+d_3 \dots + d_n) / N$ Donde d_1, d_2, d_n son los diámetros de los individuos censados y N es el número total de individuos inventariados.
Valoración	Se mide el incremento medio anual en diámetro, el cual es indicador de un buen desarrollo del sistema en las áreas a estudio, así como para evaluar la estructura horizontal de la vegetación.

Indicador	Crecimiento anual en la cobertura de la copa de la plantación
Periodicidad	Anual
Información asociada	Valores de cobertura o diámetro de la copa de los individuos En el área de rehabilitación se tomará a brinzales y latizales.
Descripción del indicador	Crecimiento anual en la copa con respecto al número de individuos.
Fórmula	$ICA_c = \sum (c_1 + c_2 + c_3 \dots + c_n) / N$ <p>Donde c_1, c_2, c_n son las copas de los individuos censados y N es el número total de individuos inventariados.</p>
Valoración	Se mide el incremento medio anual en la cobertura de la copa, el cual es indicador de un buen desarrollo en las áreas de estudio.

12.11.5 Indicadores de cumplimiento

Estos indicadores evidenciarán el cumplimiento de las actividades propuestas en el cronograma de trabajo.

Indicador	Aislamiento establecido
Periodicidad	Anual
Información asociada	Sistematización de la información de la georreferenciación de los aislamientos establecidos, digitalizados en formato shapefile
Descripción del indicador	Sumatoria de la cantidad de aislamiento establecido para las áreas de intervención (rehabilitación y uso sostenible) en cada predio
Fórmula	<p>Aislamiento establecido:</p> $\sum Ap1 + Ap2 + Ap3 + \dots + Apn$ <p>donde $Ap1$ = Aislamiento instalado en el predio 1, en las áreas de rehabilitación y uso sostenible Apn = Aislamiento instalado en el predio n, en las áreas de rehabilitación y uso sostenible</p>
Valoración	<ul style="list-style-type: none"> El valor del aislamiento establecido se expresa en Km lineales Este indicador está diseñado para demostrar el cumplimiento de las actividades propuestas en el cronograma de trabajo.

Indicador	Supervivencia de las plantaciones
Periodicidad	Anual
Información asociada	Presencia o ausencia de los individuos plantados
Descripción del indicador	Establece la supervivencia de los individuos plantados en un tiempo determinado
Fórmula	<p>Tasa de supervivencia de los individuos plantados:</p> $Supervivencia = No. Ind (t_n) * 100 / No. Ind (t_0)$ <p>donde $Ind (t_n)$ = Número de individuos presentes en el área en el tiempo (t_n) $Ind (t_0)$ = Número de individuos plantados en el tiempo inicial (t_0)</p>
Valoración	La supervivencia de los individuos mayor al 85% en la plantación los manejos dados son adecuados. Supervivencia igual al 85% se debe revisar qué factores se deben controlar o mejorar para que la supervivencia no descienda. Supervivencia menor al 85%, se deben implementar acciones inmediatas correctivas para el aumento de la supervivencia de los individuos.

Indicador	Área incentivos en especie
Periodicidad	Anual
Información asociada	Sistematización de la información de la georreferenciación de las áreas establecidas en proyectos de incentivos en especie, digitalizados en formato shapefile
Descripción del indicador	Sumatoria de la cantidad de área establecida para los proyectos de uso sostenible en cada predio
Fórmula	<p>Área usos sostenible establecido:</p> $\sum Aus1 + Aus2 + Aus3 + \dots + Ausn$ <p>donde <i>Aus1</i> = Área de proyecto de incentivo en especie instalado en el predio 1 <i>Ausn</i> = Área de proyecto de incentivo en especie instalado en el predio n</p>
Valoración	<ul style="list-style-type: none"> El valor del área establecida en uso sostenible se expresa en Ha <ul style="list-style-type: none"> Este indicador está diseñado para demostrar el cumplimiento de las actividades propuestas en el cronograma de trabajo.

Indicador	Área en rehabilitación
Periodicidad	Anual
Información asociada	Sistematización de la información de la georreferenciación de las áreas en rehabilitación, digitalizados en formato shapefile
Descripción del indicador	Sumatoria de la cantidad de área en rehabilitación en cada predio
Fórmula	<p>Área en rehabilitación establecida:</p> $\sum Ac1 + Ac2 + Ac3 + \dots + Acn$ <p>donde <i>Ac1</i> = Área de rehabilitación instalado en el predio 1 <i>Acn</i> = Área de rehabilitación instalado en el predio n</p>
Valoración	<ul style="list-style-type: none"> El valor del área establecida en rehabilitación se expresa en Ha <ul style="list-style-type: none"> Este indicador está diseñado para demostrar el cumplimiento de las actividades propuestas en el cronograma de trabajo.

Indicador	No. de perchas y refugios
Periodicidad	Anual
Información asociada	Sistematización de la información referente a la cantidad de perchas y refugios instalados.
Descripción del indicador	Sumatoria de la cantidad de perchas y refugios instalados.
Fórmula	<p>No. de perchas y refugios instalados:</p> $\sum Perchas\ y\ refugios\ instalados$
Valoración	<ul style="list-style-type: none"> Este indicador está diseñado para demostrar el cumplimiento de las actividades propuestas en el cronograma de trabajo.

Indicador	No. de acuerdos de conservación
Periodicidad	Anual
Información asociada	Sistematización de la información referente a la cantidad de acuerdos de conservación formalizados por el plan de inversión.
Descripción del indicador	Sumatoria de la cantidad de acuerdos de conservación formalizados en el plan de inversión.
Fórmula	<p>No. de acuerdos de conservación suscritos:</p> $\sum Acuerdos\ de\ conservación\ formalizados$
Valoración	<ul style="list-style-type: none"> Este indicador está diseñado para demostrar el cumplimiento de las actividades propuestas en el cronograma de trabajo.

12.12 Propuesta de manejo a largo plazo

En el enfoque a largo plazo para la gestión del proyecto de compensación, destacan dos aspectos fundamentales: la modalidad y los incentivos asociados

En lo que respecta a la modalidad, que involucra los Acuerdos de Conservación con los propietarios de los terrenos, es crucial enfatizar su diseño estratégico. Estos acuerdos están cuidadosamente concebidos para establecer zonas zonificadas a largo plazo en las cuales la rehabilitación se preserve sin intervención. Es importante resaltar que esta planificación predial también considera áreas productivas donde se llevarán a cabo intervenciones con fines económicos. De igual manera, el acuerdo subraya que el compromiso del propietario se mantiene incluso después de que Ecopetrol haya cumplido con sus propias obligaciones.

, este opera como un incentivo clave para desalentar la intervención en las áreas rehabilitadas. Se logra a través de sistemas agroforestales o silvopastoriles que aumentan la productividad de las tierras. Paralelamente, la implementación de franjas con especies maderables en los sistemas tiene como objetivo suplir necesidades que antes eran cubiertas por bosques nativos.

En resumen, la gestión a largo plazo recae en manos de los propietarios de los terrenos, quienes son motivados tanto por los incentivos del proyecto de uso sostenible como por los compromisos establecidos en el acuerdo. Además, con miras a fortalecer esta gestión sostenible, se sugiere que, al concluir las acciones propuestas en el presente plan, se elabore un informe en colaboración con una institución de investigación. Este informe analizará los logros hasta ese punto, evaluando tanto la estrategia de rehabilitación como los beneficios del proyecto de uso sostenible. Los resultados y conclusiones derivados de este análisis podrían plasmarse en un artículo científico.